كراسات الثقافة العلمية

سلسلة غير دورية تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية

# قصة الغلاف الجوى

أ. د. فتح الله الشيخ

أ. د. أحمد السماحى







المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية



**كراسات « الثقافة العلمية »**

**سلسلة غير دورية تعنى بتيسير**

**المعارف والمفاهيم العلمية**

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقى　　مدير التحرير أ. أحمد أمين

المراسلات :

**المكتبة الاكاديمية**

شركة مساهمة مصرية

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)




# قصة الغلاف الجوى



# قصة الغلاف الجوى

أ.د. فتح الله الشيخ
كلية العلوم

أ.د. أحمد السماحى
كلية العلوم

جامعة سوهاج



الناشر
المكتبة الاكاديمية
شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٨

## حقوق النشر

الطبعة الاولى ٢٠٠٨م-١٤٢٨هـ



**المكتبـــة الاكاديميـــة**

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر والمدفوع ١٨،٢٨٥،٠٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٣٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٣٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

# كراسات الثقافة العلمية

## هذه السلسلة :

تمثل تلبية صادقة للمساهمة فى الجهود التى تعنى بتيسير المعارف والمفاهيم العلمية لقراء العربية. إن هذا المجال الهام، الذى نأمل أن يساعد فى إدماج ثقافة العلم ومنهجه فى نسيج الثقافة العربية؛ يحتاج إلى طفرة كمية ونوعية هائلة، وإلى فرز للجيد والردىء والنافع وغير النافع، بل وإلى كشف الاتجاهات المعادية للعلم، حتى وإن قدمت باسم العلم. إننا ننطلق من قناعة كاملة بتقدير ثقافتنا العربية / الإسلامية الأصيلة للعلم والعلماء، ومن استناد إلى تاريخ مشرف للعطاء العلمى المنفتح على مسيرة العطاء العلمى للإنسانية فى الماضى والحاضر والمستقبل، ومن تطلع إلى أن نستعيد القدرة على هذا العطاء كى نشارك فى تشكيل مستقبل البشرية، الذى تلعب فيه الثورة العلمية والتكنولوچية دوراً محورياً كقوة دافعة ومؤثرة فى الوعى المعرفى للبشر وفى مجمل أنشطتهم ونوعية حياتهم، بل وفى قدرتهم على الإمساك بزمام

أمورهم. وإذا كنا نؤمن بأهمية تحول مجتمعاتنا العربية إلى مجتمعات علمية فى فكرها وفعلها، فإن ذلك لن يتأتى إلا بنشر واسع ومتميز لثقافة العلم بكل أشكالها. ونأمل أن تكون هذه السلسلة، التى تبنتها المكتبة الأكاديمية، خطوة على هذا الطريق.

## هذه الكراسة :

تحقق الهدف من سلسلة كراسات الثقافة العلمية، حيث تقدم المعلومات الواضحة بشكل مباشر، بعيد عن التعقيد، لتلائم القارئ المتعلم غير المتخصص، كما نكرر دائمًا. وهى تتعلق بموضوع يلتحم بحياتنا اليومية، حيث لا يكاد يمر يوم واحد دون أن يتعرض أحدنا لموضوع الطقس والظواهر الجوية. والقارئ المهتم بالعلم، الذى يدرك دوره المحورى فى فهم العالم، لابد وأن يفضل الحديث «عن علم». وهذه الكراسة الحالية عن «قصة الغلاف الجوى» تحقق له ذلك. سيعرف الكثير عن الرياح والأمطار والأعاصير والظواهر الضوئية، ويستوعب المتغيرات التى تحدث فى الغلاف الجوى، ويدرك ارتباط المناخ بالحضارات

البشرية. إن الصديقين العزيزين، د. فتح الله الشيخ، ود. أحمد السماحى، يحبان العمل معًا فى «مناخ» جميل من الود والمحبة، وسلسلة كراسات الثقافة العلمية ترحب بكل ما ينتجه هذا «المناخ» !!!

**احمد شوقي**

يناير ٢٠٠٨

# قائمة المحتويات

| الموضـــوع | الصفحة |
| --- | --- |

## مقدمة : قصة الغلاف الجوى

يولد الإنسان ويعيش ويكبر ويموت فى منطقة محدودة من كوكب الأرض وهى المحيط الحيوى. والكائن البشرى منظومة مفتوحة، فهى تتبادل المادة والطاقة مع ما حولها من تربة وماء وهواء وكائنات حية. ولابد للإنسان أن يحتفظ بدرجة حرارة جسمه ثابتة حتى تستطيع البروتينات وكل المكونات الحيوية فى خلاياه وأنسجته وأعضائه القيام بوظائفها. وتضم قائمة طعام الإنسان كل شيء يؤكل تقريبًا؛ فهو غير انتقائى فى طعامه مما ساعده كثيراً فى التطور والتأقلم والحياة فى جميع الظروف من القطب إلى خط الاستواء، وعلى الجزر فى أعالى الجبال، وفى السهول والهضاب وفى الكهوف.

ولاشك أن كوكب الأرض الذى يستضيف الحياة قد تفاعل معها وتفاعلت معه فأثر كل منهما فى الآخر تأثيراً عميقاً. كفل الغلاف الجوى للأرض درجة حرارة جيدة لنشأة الحياة

وقامت الحياة بتعديل وتطوير هذا الغلاف الجوى ليلائم عملياتها الحيويةوتطورها. فمتوسط درجة حرارة الأرض عمومًا 15 درجة سلزية، وتتفاوت درجة حرارة المناطق المختلفة حسب خطوط العرض والارتفاعات والبعد أو القرب من المسطحات المائية. ولو لم تكن ظاهرة الصوبة الزجاجية قائمة لكانت درجة حرارة الأرض أقل من ذلك بمقدار 30 درجة ... صقيع وزمهرير.

لم يكن الغلاف الجوى ضرورياً لصور الحياة الأولى، بل أكثر من ذلك كان قاتلاً لأنه لم يكن يحجب الأشعة فوق البنفسجية التى تنهال من الشمس عليه. ولم يكن هذا الغلاف الجوى الأول إلا غطاء لرفع درجة حرارة الأرض حتى نشأت الحياة وقامت بتغيير هذا الغلاف وإبداله بآخر سمح لها فى النهاية بالتعامل معه.... فظهرت الحيوانات التى تتنفس الهواء برئتيها وأجهزتها المعقدة المتطورة.

وتغير الغلاف الجوى وتغيرت الحياة وتطور الاثنان على كوكب الأرض ليتميز عن بقية كواكب المجموعة الشمسية. الأكسجين والأوزون هما مفتاح هذا التطور للغلاف الجوى

وللحياة. وعندما يعيش الإنسان كمنظومة مفتوحة يتبادل الطاقة والمادة مع ما حوله، فإن الغلاف الجوى يلعب أخطر الأدوار وأهمها فى هذا الشأن، فالغذاء والشراب يستغرقان وقتًا ليتم هضمهما وامتصاصهما فى دم الإنسان، أما التنفس فيذهب مباشرة وفى ثوان معدودة بالهواء ومكوناته إلى الدم. ولذلك فإن تلوث الهواء الجوى واضطراب مكوناته يؤثر فى صحة الإنسان وقدراته.

وقد كان فى نيتنا أن نضمن كل ما يتعلق بالغلاف الجوى لكوكب الأرض فى هذا الكتيب، إلا أن ضغط الحجم والحيز المحدود جعلنا نرجئ موضوع تلوث واضطراب الغلاف الجوى إلى كتيب آخر يلحق بالكتيب الحالى. أما موضوع الكتيب الذى نقدمه بين يدى القارئ فهو الغلاف الجوى بظواهره الفريدة والمتعددة من رياح وأمطار وثلوج وأعاصير، بطبقاته وظواهره الضوئية آملين أن يستعين به القارئ على فهم أهم مكونات المحيط الحيوى الذى نحيا فيه وبه .... الهواء.

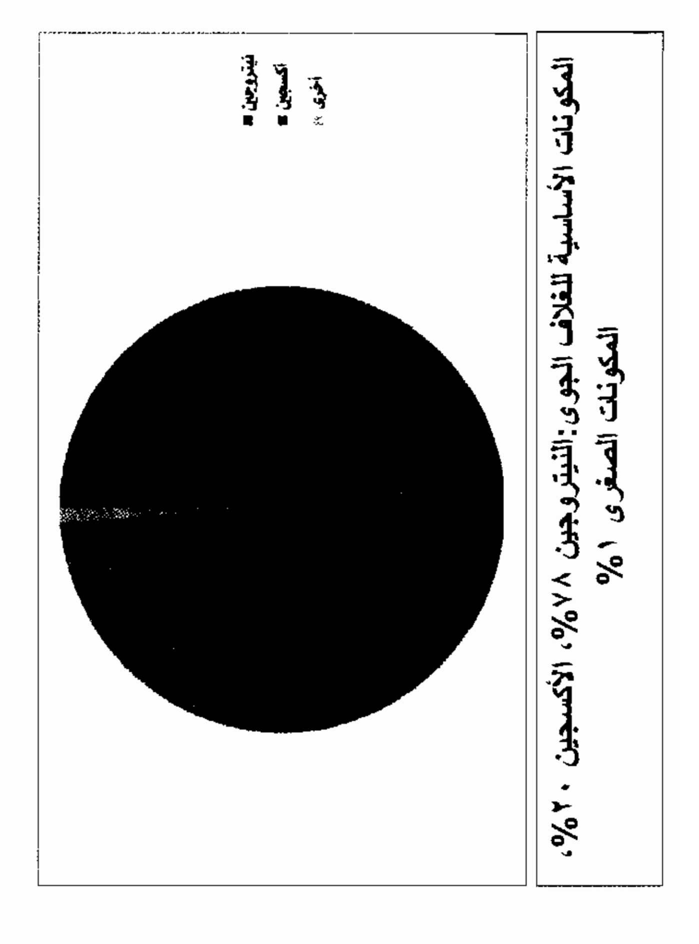
ولا يفوتنا أن نشكر المكتبة الأكاديمية ومديرها الأستاذ أحمد أمين على اضطلاعهم بهذا الجهد فى نشر الثقافة العلمية، وكذلك الأستاذ الدكتور أحمد شوقى رئيس تحرير هذه السلسلة، الذى لولا حماسه لما ظهر هذا الكتيب.

**وبالله التوفيق،،،**

# قصة الغلاف الجوى

الغلاف الجوى طبقة من غازات تلف كتلة من المادة من الكبر بحيث تحتفظ جاذبيتها به. وكلما كانت الجاذبية كبيرة كلما أمكنها الاحتفاظ بكمية أكبر ولفترة أطول. وكلما كانت درجة الحرارة منخفضة أمكن للغلاف الجوى أن يظل محيطاً بالكتلة المادية. ولكواكب المجموعة الشمسية أغلفة جوية متباينة، فبعض الكواكب تتكون أساسًا من غازات، وبالتالى فإن كل الكوكب غلاف جوى عميق جداً، وتسمى العمالقة الغازية.

ويتكون الغلاف الجوى لكوكب الأرض من النيتروجين (78 ٪) والأكسجين (21 ٪) أما نسبة 1 ٪ الباقية فهى موزعة كالآتى 0.9 ٪ أرجون، و 0.03 ٪ ثانى أكسيد الكربون ونسبة متفاوتة من بخار الماء وكميات ضئيلة من الهيدروجين والأوزون والميثان وأول أكسيد الكربون والهليوم والكربتون والزينون. وقد استغرق خليط الغازات المكون للغلاف الجوى الآن حوالى 4.5




المكونات الأساسية للغلاف الجوى: النيتروجين ٧٨%، الأكسجين ٢٠%، المكونات الصغرى ١%

المكونات الصغرى للغلاف الجوى

أرجون
$CO_2$
أخرى

بليون سنة ليصبح على ما هو عليه؛ فقد كان الغلاف الجوى المبكر لكوكب الأرض يتكون من انبعاثات البراكين فقط. وتتكون الغازات المنبعثة من البراكين اليوم من خليط من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت والنيتروجين. ويغيب الأكسجين تمامًا عن هذا المشهد. فإن كان هذا هو تركيب الغلاف الجوى المبكر، إذن كان لابد أن يمر بعدة عمليات لينتج التركيب الحالى. كان التكثيف من العمليات الأولى، فبمرور الوقت أخذ الغلاف الجوى يبرد ويتكثف منه بخار الماء الذى ملأ المحيطات الأولى. وقد تزامن ذلك مع بعض العمليات الكيميائية، فبعض من ثانى أكسيد الكربون لابد أن يكون قد تفاعل مع الصخور فى القشرة الأرضية ليكون معادن الكربونات التى ذاب بعضها فى المحيطات، وفيما بعد، ومع تطور الحياة البدائية القادرة على القيام بالتمثيل الضوئى فى المحيطات بدأت الكائنات البحرية فى إنتاج الأكسجين. ومن المعتقد أن كل الأكسجين الموجود فى الغلاف الجوى للأرض قد تكوّن عن طريق التمثيل الضوئى والتحولات التى مارسها على ثانى أكسيد

الكربون والماء. ومنذ 570 مليـون سنة مـضت كـان تركـيـز الأكسجين فى الغلاف الجوى وفى المحيطات مرتفعًا بما يكفى للحياة البحرية أن تتنفسه. وفيـما بعد، ومنذ 400 مليون سنة كانت نسبة الأكسجين قد وصلت إلى الحد الذى سمح بتطور حيوانات برية تتنفس الهواء.

تتفاوت نسبة بخار الماء فى الغلاف الجوى بشدة، ويعتمد ذلك على درجة الحرارة والرطوبة النسبية. فمثلاً إذا كانت الرطوبة النسبية 100 ٪ فإن محتوى بخار الماء فى الهواء يتفاوت من 190 جزء فى المليون فى درجة حرارة (– 40 سلزية) وإلى 42000 جزء فى المليون فى درجة 30 سلزية. وتعتبر الكميات الضئيلة من الغازات الأخرى مثل النشادر وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد الكبريت والنيتروجين، مكونات مؤقتة فى الغلاف الجوى بالقرب من البراكين تغسلها الأمطار والثلوج من الهواء. وقد أصبحت الملوثات الأخرى من أكاسيد وغيرها التى تأتى من المصادر الصناعية وعوادم السيارات فى بؤرة اهتمام البشرية. وقد جاء هذا الاهتمام كرد فعل للتأثير المدمر الذى تحدثه الأمطار

الحمضية التى تتكون من ذوبان بعض الأكاسيد فى مياه الأمطار (أكاسيد النيتروجين والكبريت والكربون). وأخيراً تزداد قناعة العلماء والسياسيين وصناع القرار فى العالم بأن الزيادة المطردة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى هى التى تؤثر فى مناخ كوكب الأرض. وقد بدأت هذه الزيادة منذ منتصف القرن التاسع عشر مع ازدهار الثورة الصناعية والزيادة الهائلة فى حرق مختلف أنواع الوقود الحفرى من فحم وبترول (ومشتقاته) وغاز طبيعى واستشراء ظاهرة الصوبة الزجاجية نتيجة لذلك.

ويزداد بنفس الأهمية القلق بشأن ارتفاع محتوى الغلاف الجوى من غاز الميثان. فمنذ سنة 1978 ارتفعت نسبة الميثان فى الغلاف الجوى بمقدار 12 ٪. ويأتى 80 ٪ من هذا الغاز من عدة مصادر أهمها التحلل الكيميائى فى حقول الأرز والجهاز الهضمى للحيوانات المجترة آكلة العشب وقرى النمل الأبيض. وتساهم بعض الأنشطة البشرية فى رفع معدلات إنتاج الميثان مثل تربية المزيد من رؤوس الماشية والتوسع فى الأراضى المزروعة أرزاً. ولا يقوم الميثان بزيادة محتوى غازات الصوبة الزجاجية فقط، بل

إنه يتسبب فى تقليص نسبة شقوق الهيدروكسيل فى الغلاف الجوى مما يؤثر بشدة على مقدرة الغلاف الجوى على تنقية نفسه من الملوثات.

وتبين الدراسات التى أجريت على عينات من الهواء الجوى مأخوذة على ارتفاعات بلغت حتى 88 كم فوق مستوى سطح البحر أن التركيب الكيميائى للغلاف الجوى هو نفسه لم يتغير عن التركيب عند مستوى سطح البحر. وتعمل التيارات الهوائية على تحريك الهواء الجوى مما يمنع تركيز الغازات الثقيلة تحت الغازات الخفيفة.

ويتواجد الأوزون عادة بنسبة ضئيلة فى المستويات الدنيا من الغلاف الجوى. والأوزون صورة من صور الأكسجين يحتوى جزيئه على ثلاث ذرات أكسجين بدلاً من اثنتين فى غاز الأكسجين. أما الطبقة من الغلاف الجوى التى تمتد من 19 إلى 48 كم فوق مستوى سطح البحر فتحتوى على أوزون أكثر قد تراكم بفعل الأشعة فوق البنفسجية الفتاكة من الشمس. وحتى فى هذه الطبقة (الغنية بالأوزون) فإن نسبته لا تزيد عن 0.001

من الحجم الكلى. وتؤدى الاضطرابات الجوية والتيارات الهوائية الهـــابطة إلى نقل جـــزء من هذا الأوزون إلى سطح الأرض. ويضـيف النشـاط البـشـرى من الملوثات إلى هذا الأوزون ليـصـبح الجمـيع مؤثرات خطيـرة تسبب دماراً واسع النطاق للمـحاصـيل والممتلكات والحياة عموماً.

وقد أصبحت طبقة الأوزون موضع قلق واهتمام العالم منذ سبـعـينيـات القـرن العـشـرين عندمـا اكـتـشـف العـالـم أن المادة الكيــمــيــائيـــة المعـــروفـــة باسم الكلوروفلوروكـــربونات أو الكلوروفلوروميثان تضخ فى الغلاف الجوى بكميات كبيرة لأنها تستخدم فى الثلاجات وأجهزة التكييف وفى عبوات الأيروسولات عـمـومًا. وقد انصب قلق العالم واهتـمـامه حـول إمكانية أن تؤثر أشعـة الشـمـس فى هذه المركـبـات فـتـفـصـل عنهـا الكلور الذرى النشـط الذى يهـــاجم ويحطم الأوزون فى الغـــلاف الجـــوى. والأوزون الموجود فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى هو الذى يحمى سطح الأرض من قسم من الأشعة فوق البنفسجية الفتاكة ذات الموجـات الأطول التى تنهـــال على كـــوكـب الأرض من

الشمس. ويقوم الأكسجين نفسه بحماية سطح الأرض من القسم الآخر ذى الموجات الأقصر من الأشعة فوق البنفسجية. ونتيجة لذلك بدأت الصناعات فى الولايات المتحدة وأوربا واليابان باستبدال الكلوروفلوركربونات فى معظم الاستخدامات.

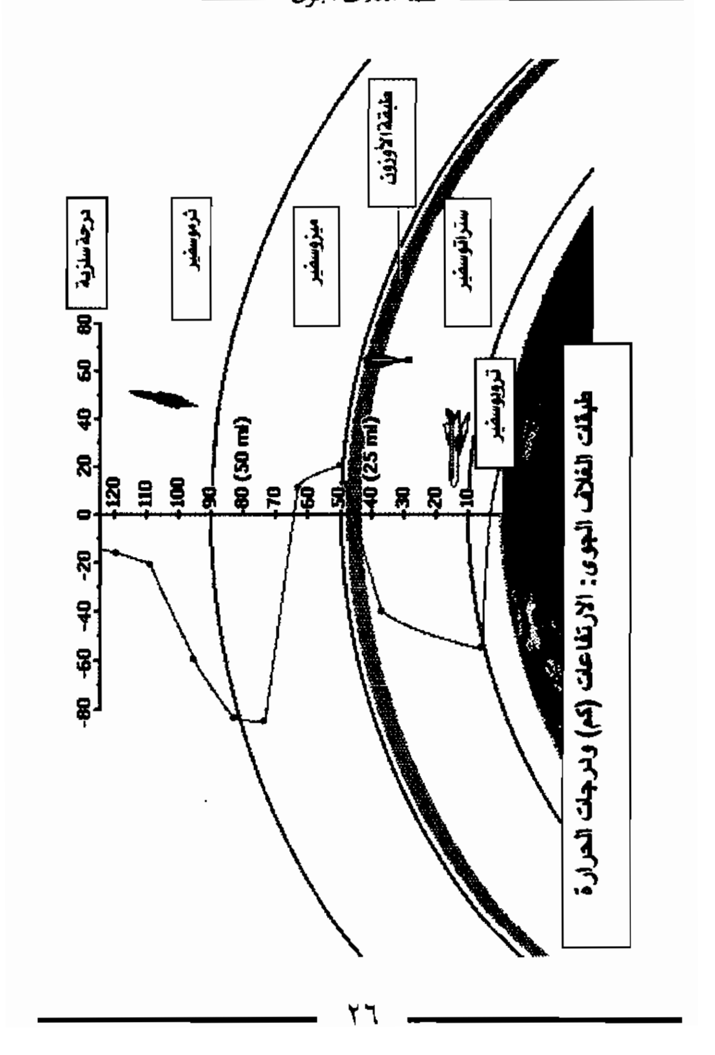
وينقسم الغلاف الجوى إلى عدة طبقات، وتنخفض درجة الحرارة كلما ارتفعنا خلال الطبقة الدنيا (التروبوسفير) بمعدل 5.5 درجة سلزية لكل 1000 متر. والتروبوسفير هى الطبقة التى يتواجد فيها معظم السحب. وتمتد هذه الطبقة حتى ارتفاع 16 كم فى المناطق الاستوائية (وتنخفض درجة الحرارة عند هذا الارتفاع إلى (– 79 سلزية) بينما يبلغ ارتفاع طبقة التروبوسفير فى المناطق المعتدلة 9.7 كم (وتنخفض درجة الحرارة عندها حتى (– 51 سلزية). ويلى التروبوسفير طبقة الستراتوسفير. وفى المنطقة السفلى من الستراتوسفير تظل درجة الحرارة تقريبًا ثابتة وترتفع بمقدار طفيف مع زيادة الارتفاع وبالأخص فوق المناطق الاستوائية. وخلال طبقة الأوزون الموجودة ضمن طبقة الستراتوسفير ترتفع درجة الحرارة بمعدل أسرع كلما ارتفعنا

داخل هذه الطبقة حتى أن درجة الحرارة عند الحدود القصوى للستراتوسفير والتى تبلغ 50 كم فوق مستوى سطح البحر؛ تصل إلى نفس درجة الحرارة عند سطح الأرض. وتسمى الطبقة التى تمتد فوق الستراتوسفير من ارتفاع 50 كم إلى 90 كم باسم طبقة الميزوسفير. وتتميز الميزوسفير بانخفاض درجة الحرارة كلما ارتفعنا خلالها.

ومن المعروف من فحص ودراسة انتشار وانعكاس موجات الراديو أنه بدءاً من ارتفاع 60 كم تقوم الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ووابل الإلكترونات القادمة من الشمس بتأيين عدة طبقات من الغلاف الجوى وتجعلها موصلة للكهرباء. وتعكس هذه الطبقات ترددات معينة من موجات الراديو وتعيدها إلى الأرض ثانية. ونظراً للارتفاع النسبى فى تركيز الأيونات فى الهواء فوق ارتفاع 60 كم فإن الطبقة التى تمتد حتى ارتفاع 1000 كم تسمى الأيونوسفير (الطبقة المتأينة). وفوق ارتفاع 90 كم تأخذ درجة الحرارة فى الارتفاع كلما صعدنا لأعلى. ولذا تسمى الطبقة التى تبدأ من هذا الارتفاع بالثرموسفير (الطبقة الحرارية) والتى ترتفع فيها درجة الحرارة ارتفاعًا كبيراً، وتسمى

الطبقة ما بعد الثرموسفير بالإيكسوسفير (الطبقة الخارجية) والتى تمتد حتى ارتفاع 9600 كم، أى حتى الحدود الخارجية للغلاف الجوى.

وتبلغ كثافة الهواء الجوى عند مستوى سطح البحر حوالى 1/800 من كثافة الماء. وتنخفض الكثافة بشدة مع الارتفاع فى الغلاف الجوى لأنها تتناسب طردياً مع الضغط وعكسيًا مع درجة الحرارة. ويقاس الضغط بجهاز يسمى البارومتر ووحدات قياسه المللى بار والتى ترتبط بارتفاع عمود الزئبق الذى يرفعه ضغط الهواء الجوى. والمللى بار الواحد = 1.33 مم زئبق، ويبلغ الضغط الجوى العادى للغلاف الجوى 1013 مللى بار أى 760 مم زئبق (760 تور - مشتقة من اسم العالم الإيطالى تورشيلى). وعلى ارتفاع 5.6 كم ينخفض الضغط إلى 507 مللى بار أى 380 مم زئبق حيث يتواجد تحت هذا الارتفاع نصف كمية الهواء فى الغلاف الجوى. وكلما ارتفعنا بمقدار 5.6 كم ينخفض الضغط إلى نصف ما كان عليه. وكل 5.6 كم تؤدى إلى انخفاض الضغط إلى النصف.




طبقات الغلاف الجوى: الارتفاعات (كم) ودرجات الحرارة

ويجرى اختبار التروبوسفير ومعظم الستراتوسفير بواسطة بالونات الاختبار المزودة بأجهزة قياس الضغط ودرجة الحرارة وجهاز إرسال لبث البيانات إلى المحطات الأرضية. وتقوم الصواريخ التى تحمل أجهزة الإرسال بنقل البيانات عن الطقس والغلاف الجوى على ارتفاعات تفوق 400 كم. أما دراسة أشكال وأطياف الشفق القطبى فإنها تزودنا بمعلومات عن الغلاف الجوى حتى فوق مستوى 800 كم.

## التاريخ :

وتاريخ الغلاف الجوى للأرض غير مفهوم بصورة واضحة حتى بليون نسبة من الآن، ولذلك فهو موضع اهتمام العلماء ودراساتهم؛ فالغلاف الحالى يشار له فى بعض الأحيان بأنه الغلاف الثالث للأرض تمييزاً له عن الغلافين السابقين المختلفين معه فى التركيب الكيميائى. كان أول أغلفة الأرض مكوناً من الهليوم والهيدروجين، قامت الرياح الشمسية ودرجة الحرارة المرتفعة والقشرة الأرضية المنصهرة جزئياً بتشتيت هذا الغلاف.

ومنذ حوالى 4.4 بليون سنة برد سطح الأرض فتكونت القشرة الأرضية، لكنها كانت مازالت زاخرة بالبراكين التى كانت تطلق فى الغلاف الجوى بخار الماء وثانى أكسيد الكربون والنشادر. أدى ذلك إلى تكون الغلاف الجوى الثانى والذى كانت معظم مكوناته ثانى كسيد الكربون وبخار الماء مع بعض النيتروجين، ولم يكن للأكسجين أى وجود فى هذا الغلاف الثانى. وكانت كمية الغازات فى الغلاف الثانى 100 (مائة) ضعف محتواه الحالى، ومع انخفاض درجة حرارة الأرض ذاب معظم ثانى أكسيد الكربون فى البحار وترسب على شكل كربونات، وأصبح الغلاف الجوى الثانى المتأخر (الأحدث) يتكون أساسًا من النيتروجين وثانى أكسيد الكربون وقليل من الهيدروجين. ويسود الاعتقاد بأن نسبة ثانى أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء – وهى من غازات الصوبة الزجاجية – قد حفظت سطح الأرض من التجمد بردًا.

وقد بينت الحفريات أن البكتريا من نوع السيانوبكتريا الأولية المبكرة كانت موجودة منذ 3.3 بليون سنة، وكانت أول

الكائنات التى تنتج الأكسجين من أنواع الفوتوتروب. وتعد هذه البكتريا المسئولة عن تحول غلاف الأرض الجوى من حالة غير مؤكسدة إلى حالة مؤكسدة (من حالة عدم وجود الأكسجين إلى حالة وجوده) خلال الفترة من 2.2-2.7 بليون سنة من الآن. وهكذا تمت التحولات الكبرى فى الغلاف الجوى بإزالة معظم ثانى أكسيد الكربون وإضافة الأكسجين بنسب مرتفعة.

تطورت بعد ذلك مؤخراً النباتات التى تقوم بالتمثيل الضوئى واستمرت فى استهلاك ثانى أكسيد الكربون وضخ الأكسجين. وبمرور الوقت تم تثبيت ثانى أكسيد الكربون فى الوقود الحفرى (الفحم والبترول والغاز الطبيعى) وفى الصخور الرسوبية (الحجر الجيرى بالدرجة الأولى) وفى صدفات الحيوانات. ومع تراكم الأكسجين أخذ يتفاعل مع النشادر ليحرر النيتروجين كما كانت بعض أنواع البكتريا تقوم بالعمل نفسه فتطلق النيتروجين من النشادر. غير أن معظم النيتروجين الموجود اليوم فى الغلاف الجوى قد جاء من تفكك النشادر بفعل أشعة الشمس (التفكك الضوئى).

ارتفع مستوى الأكسجين فى الغلاف الجوى بفضل الزيادة فى أعداد النباتات وازدهارها. وقد أدى تراكم الأكسجين فى الغلاف الجوى فى البداية إلى القضاء على كثير من أشكال الحياة، بينما استطاع القليل منها أن يتطور. ومع ظهور طبقة الأوزون (الأوزون صورة أخرى من صور الأكسجين تتكون جزيئاته من ثلاث ذرات) أصبحت الحياة فى حماية قوية من الأوزون ضد الأشعة فوق البنفسجية. ويسمى الغلاف الجوى المكون من النيتروجين والأكسجين بالغلاف الثالث. وقد استقر هذا الغلاف على ما هو عليه منذ 200-250 مليون سنة من الآن. كانت نسبة الأكسجين تصل إلى ما يقرب من 35 ٪، الأمر الذى توصل إليه العلماء من تحليل فقاعات الهواء المحبوسة فى الكهرمان. ويبدو أن الطبيعة قد استطاعت إيجاد توازن عبقرى بين استهلاك وإنتاج كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون عن طريق عمليات التنفس والتمثيل الضوئى والعمليات الچيولوچية، مما جعل الغلاف الجوى الثالث يبدو مستقراً، لكنه استقرار ديناميكى.

## الهواء الجوي :

يتكون الغلاف الجوى المحيط بالأرض من الهواء، هذا الخليط من الغازات الذى أوردنا تركيبه ونسبة كل مكوناته الأساسية. وأهم أدوار الهواء الجوى هو الحفاظ على الحياة. فلولا أكسجين الهواء الجوى لما ازدهرت حياة الإنسان والحيوانات. وفيما عدا الخواص الحيوية ودعم الحياة فإن مختلف الغازات يمكن استخلاصها من الهواء الجوى واستخدامها فى الصناعة والتطبيقات العلمية المختلفة بدءاً من صناعة الصلب وحتى إنتاج أشباه الموصلات (الترانزستورات). وهكذا يمكن اعتبار الغلاف الجوى وسطاً حيوياً ومصدراً للخامات الغازية.

وأكثر مكونات الهواء الجوى أهمية : النيتروجين والأكسجين والأرجون، فلكل منها استخدامات صناعية هامة. فالمخصبات (الأسمدة) تصنع من مركبات يدخل النيتروجين فى تحضيرها، وتستخدم صناعة الصلب الأكسجين، أما الأرجون فمن أهم استخداماته تعبئة المصابيح الكهربية. وقد تم فصل الأكسجين سنة 1874 ، لكن فصله على المستوى الصناعى لم

يحدث إلا فى أوائل القرن العشرين. وقد طور العالم الألمانى كارل ڤون ليند عملية تسمى التكثيف والتقطير التجزيئى للهواء الجوى، وهى عملية تنقية وإسالة للهواء ثم السماح له بالغليان وفصل مكوناته. ويغلى النيتروجين فى درجة (- 195.7 ° C) والأرجون فى (- 185.86 ° C)، بينما يغلى الأكسجين فى (- 182.96 ° C) فيتبخر النيتروجين أولاً يليه الأرجون ثم الأكسجين. وتنتج بعض المصانع الحديثة المكونات الغازية من الهواء بدرجة نقاء تصل إلى 99.9999 ٪.

وتستخدم تقنية أخرى لإنتاج مكونات الهواء الجوى من الغازات فى بعض المصانع الصغرى؛ فهى تضغط الهواء الجوى خلال مرشحات خاصة تمرر انتقائيًا أحد المكونات، بينما تستخدم مصانع أخرى حبيبات من مواد معينة تمتص الأكسجين فقط أو النيتروجين فقط.

ويستخدم أكثر من نصف الأكسجين المنتج من الهواء فى العالم فى صناعة الصلب وشعلات اللحام، ويستخدم الباقى فى الصواريخ لحرق الوقود وتحقيق قوة الدفع الهائلة.

ويستخدم ثلث النيتروجين السائل فى عمليات التبريد العميق والفجائى لحفظ الأغذية بطعمها ونكهتها. ويستخدم النيتروجين على نطاق واسع لإنتاج النشادر والتى تستخدم بدورها لإنتاج مخصبات اليوريا وحمض النيتريك والكثير من المنتجات الكيميائية. كما يستخدم النيتروجين لرفع الضغط فى آبار البترول ودفع السائل إلى أعلى. ونظراً لثبات النيتروجين وخموله الكيميائى فإنه يستخدم لمنع الحرائق والانفجارات فى كثير من عمليات الإنتاج. فأثناء التعامل مع المواد سريعة الاشتعال من منتجات البترول والكيماويات المختلفة تحاط هذه المواد بطبقة عازلة من النيتروجين. كما يستخدم النيتروجين لطرد الهواء الجوى كما فى صناعة المصابيح الكهربية. ويستخدم فى صناعة الميتالورجيا (استخلاص الفلزات من خاماتها) للتحكم فى درجة حرارة الأفران والتخلص من الهيدروجين فى الألومنيوم.

أما الأرجون فهو غاز خامل لا يتحد مع أى شىء (يتحد النيتروجين مع بعض العناصر). وهو عازل جيد للحرارة. ولذلك يستخدم مع النيتروجين (الأرخص سعراً) لتعبئة المصابيح

الكهربية. ويتأين الأرجون بسهولة تحت تأثير فرق جهد أقل من الغازات الأخرى. وعندما يتأين الأرجون فإنه يشع أضواء جميلة ملونة، ولذلك يستخدم فى تعبئة مصابيح «النيون». ويستخدم الأرجون فى إنتاج أشباه الموصلات فائقة النقاء مثل السيليكون والجرمانيوم.

ولبقية الغازات النبيلة (الخاملة) فى الهواء مثل النيون والكربتون والزينون خاصية سهولة التأين مثل الأرجون، لذلك تستخدم هذه الغازات فى تعبئة المصابيح «النيون» وتعبئة غرف التأين المستخدمة فى البحوث الذرية لقياس الإشعاع.

## طبقات الغلاف الجوي :

يتكون الغلاف الجوى لكوكب الأرض من عدة طبقات، فالتروبوسفير هو الطبقة الدنيا من الغلاف الجوى ومنطقة حدوث الظواهر المناخية على الأرض، ويحد التروبوسفير من أعلى طبقة تسمى تروبوبوز تفصل بين التروبوسفير والستراتوسفير، ويحده من

أسفل سطح الأرض. والتروبوسفير أعرض عند خط الاستواء (16 كم) وأضيق عند الأقطاب (8 كم).

ودرجة حرارة التروبوسفير أعلى فى المناطق الاستوائية المناخية (حتى خط عرض 30° شمالاً وجنوبًا)، وفى المناطق المناخية المعتدلة (من خط عرض 30° إلى 40° شمالاً وجنوبًا). أما فى المناطق القطبية (من 70° إلى 90° شمالاً وجنوبًا) فأبرد درجة حرارة. كما تنخفض درجة الحرارة كلما صعدنا لأعلى فى التروبوسفير.

يضم التروبوسفير 75 ٪ من كتلة الغلاف الجوى، مما يعنى فى المتوسط أن كتلة جزيئات الهواء موزعة على سطح الأرض بحيث يكون نصيب كل سم$^2$ 1.03 كجم. ويختلف تركيز بخار الماء من آثار طفيفة فى المناطق القطبية وحتى 4 ٪ فى المناطق الاستوائية. ويلعب ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء ومعهم الميثان دوراً رئيسيًا فى غازات الصوبة الزجاجية التى تحبس جزء من حرارة الأرض قرب السطح وتمنعها من الهروب إلى الفضاء الخارجى. ويتخوف العلماء من زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون

التى قد ترفع درجة حرارة الغلاف الجوى خلال القرن الحالى بشكل يؤثر فى منظومة ومناطق المناخ. وقد يؤدى ذلك إلى إزاحة فى المناطق المناخية وانصهار ثلوج القطبين وارتفاع مستوى سطح البحر.

ويتسبب التسجين غير المنتظم للمناطق الاستوائية (تدفئ الشمس المناطق عند خط الاستواء أكثر كثيراً من المناطق القطبية) فى حدوث تيارات حمل وأنساق عظيمة من الرياح تقوم بتحريك الحرارة والرطوبة فى جميع أنحاء العالم. فيرتفع الهواء على طول خط الاستواء وخطوط المناطق المناخية تحت القطبية (من خط عرض 50° إلى 70° شمالاً وجنوباً)، لتهبط بعد ذلك فى المناطق القطبية والمناطق شبه الاستوائية المناخية. وفيما بين القطب وخط الاستواء ينحرف الهواء بفعل دوران الأرض فيؤدى ذلك إلى نشأة أحزمة من الرياح السطحية تتحرك من الشرق إلى الغرب (رياح شرقية) فى المناطق القطبية والاستوائية، وأخرى تتحرك من الغرب إلى الشرق (رياح غربية فى المناطق البينية بينهما (أى عند خطوط العرض المتوسطة).

وتضطرب حركة دوران الرياح الكوكبية بواسطة أنساق الهجرة من مناطق الضغط العالى والضغط المنخفض، بالإضافة إلى الاضطرابات المحلية التى تسمى الدوامات.

وهناك ظاهرة شائعة فى المناطق كثيفة السكان فى التروبوسفير، وهى الضبخان (مأخوذة من كلمتى ضباب ودخان). وتحد هذه الظاهرة من مدى الرؤية وتسبب تهيج العيون والحلق. وينتج الضبخان عن تراكم الملوثات بالقرب من سطح الأرض لتدخل فى سلسلة من التفاعلات الكيميائية فى وجود ضوء الشمس. وتقوم الطبقة المتحورة بإيقاف تيارات الحمل وهروب الملوثات إلى الطبقات العليا من الغلاف الجوى (الطبقة التى لا ترتفع بها درجة الحرارة أو تنخفض بالارتفاع). وتيارات الحمل هى المسئولة عن انتقال الحرارة رأسيًا خلال التروبوسفير، بينما تكون الرياح هى المسئولة عن انتقال الحرارة أفقيًا فى هذه الطبقة.

ويسمى تبادل وحركة المياه بين الأرض والغلاف الجوى بالدورة المائية. وتبدأ هذه الدورة فى التروبوسفير بأن تبخر الشمس

كميات كبيرة من المياه من سطح الأرض ثم تنتقل الرطوبة إلى مناطق أخرى بفعل الرياح. وبارتفاع الكتل الهوائية إلى أعلى فإنها تبرد ويتكثف منها بخار الماء فى شكل سحب. وتغطى السحب دائمًا نسبة كبيرة من الأرض. وتختلف أنواع السحب فيما بينها كثيراً. وعندما تكبر قطرات المياه أو بلورات الجليد إلى أحجام معينة تتساقط نحو الأرض على شكل رواسب (أمطار وثلوج) اعتماداً على درجة حرارة الهواء الذى تعبر من خلاله الرواسب.

وينعكس قسم من أشعة الشمس بمجرد دخولها إلى الغلاف الجوى للأرض عائداً إلى الفضاء الكونى، ويتخلل القسم الباقى الغلاف الجوى ويمتص بواسطة سطح الأرض. ويعاد بث هذه الأشعة مرة ثانية من سطح الأرض إلى الغلاف الجوى فى صورة أشعة طويلة الموجة. تمتص جزيئات ثانى أكسيد الكربون والماء والميثان هذه الطاقة وتعيد إشعاعها (أو معظمها) إلى الأرض ثانية. ويقوم هذا التبادل الحساس للطاقة بين سطح الأرض والغلاف الجوى بحفظ درجة الحرارة العالمية من التغيرات الحادة على مدى السنوات الطويلة.

وتسمى المنطقة الواقعة بين التروبوسفير والستراتوسفير باسم «تروبوبوز» ويحدد تغير سلوك درجة الحرارة مع الارتفاع موقع التروبوبوز. ففى التروبوسفير تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع. أما فى الستراتوسفير فإن درجة الحرارة تظل ثابتة لفترة أثناء الارتفاع ثم تبدأ فى الزيادة بعد ذلك. والمنطقة من الغلاف الجوى التى يتحول فيها نمط تغير درجة الحرارة مع الارتفاع هى التروبوبوز، وهى منطقة اتزان بين النمطين.

وتقع الستراتوسفير – الطبقة الثانية من الغلاف الجوى – فوق التروبوسفير مباشرة وتحت طبقة الميزوسفير وهى طبقة على شكل طبقات أصغر بعضها فوق بعض من درجات الحرارة. وتقع أدفأ طبقة فى أعلى نقطة وأبرد طبقة فى أدنى نقطة من الستراتوسفير. ويمتد الستراتوسفير من ارتفاع 10 كم تقريباً إلى 50 كم فوق خطوط العرض المتوسطة بينما تبدأ من ارتفاع 8 كم فوق الأقطاب. وتسخن الطبقة العليا فى الستراتوسفير بفعل امتصاص الأشعة فوق البنفسجية من الشمس وتصل عند قمة الستراتوسفير إلى حوالى – 3 ْC، أى أقل قليلاً من درجة تجمد

الماء. وتسمى هذه القمة «ستراتوبوز» حيث تبدأ درجة الحرارة فى الانخفاض كلما ارتفعنا لأعلى. ويؤدى وجود الطبقة الأدفأ لأعلى والأبرد لأسفل إلى درجة عالية من ثبات هذا الترتيب، فلا توجد تيارات حمل ولا حركة دوامية، ولا يتم مزج مكونات الستراتوسفير إلا أفقياً فقط.

والأيونوسفير طبقة أو طبقات من الغلاف الجوى تمتد من ارتفاع 60 كم تقريباً وحتى 1000 كم أو أعلى. وضغط الهواء وكثافته على هذه الارتفاعات رقيقة جداً، وتقارب قيمته ضغط الهواء فى الأنابيب المفرغة. ولذلك عندما تأيين جزيئات الهواء بواسطة الأشعة فوق البنفسجية من الشمس أو الأشعة الكونية فإنها تميل أن تظل متأينة لأن الجزيئات لا تتصادم ببعضها إلا نادراً.

ويلعب الأيونوسفير دوراً مؤثراً فى انتشار موجات الراديو، فالموجات التى تبث فى الغلاف الجوى يمتص بعضها وينعكس البعض الآخر. وقد تتكرر هذه العملية للموجة نفسها مما يجعل استقبال إشارات الراديو ممكناً على مسافات بعيدة. وقد لا يستطيع

جهاز استقبال قريب استقبال موجة لأنها انعكست بزاوية تجعلها تصل إلى سطح الأرض فى منطقة أبعد. كما أن الموجات القصيرة لا تنعكس؛ لذلك يستخدم لانتشارها إما محطات التقوية على امتداد البصر أو الأقمار الصناعية.

وينقسم الأيونوسفير إلى طبقتين : الطبقة السفلى ويطلق وعليها طبقة – E (وتسمى أحياناً طبقة هيڤى سايد أو طبقة كينيلى – هيڤى سايد) وتقع بين ارتفاع 80 و 113 كم فوق سطح الأرض، وتنعكس عليها موجات الراديو الأطول ذات الترددات الأقل. أما الطبقة الثانية فهى طبقة – F (وتسمى أحياناً طبقة أبليتون) وتعكس موجات الراديو الأقصر ذات الترددات الأعلى. وتنقسم طبقة -F الأيونية إلى طبقة $F_1$ الأيونية والتى تبدأ من ارتفاع 180 كم فوق سطح الأرض، وطبقة $F_2$ التى تبدأ من ارتفاع 300 كم فوق سطح الأرض. ومن الجدير بالذكر أن طبقة F الأيونية ترتفع ليلاً مما يؤثر على خصائص انعكاس موجات الراديو القصيرة عليها.

وطبقة الأوزون عبارة عن منطقة فى الغلاف الجوى (فى

الستراتوسفير) بين الارتفاعين 19 كم و 48 كم عن سطح الأرض. ويصل تركيز الأوزون فيها إلى عشرة أجزاء فى المليون كحد أقصى. ويتكون الأوزون فيها بتأثير ضوء الشمس (الأشعة فوق البنفسجية بالتحديد) فى أكسجين الهواء الجوى. وقد استمر هذا التأثير على مدى ملايين كثيرة من السنوات، غير أن مركبات النيتروجين الطبيعية قد قامت بتنظيم تركيز الأوزون مما حفظ له مستوى ثابتًا تقريبًا. وتركيز الأوزون الزائد قرب سطح الأرض من عوامل الخطورة والتلوث الشديد؛ لذلك فإن هناك حداً أقصى يجب ألا يتعداه تركيزه فى الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى منعًا للتلوث وأمراض الصدر. كما أن للأوزون حداً أدنى من التركيز فى طبقة الستراتوسفير (الطبقات العليا من الغلاف الجوى) يجب ألا يقل عنه حتى تتأكد الحماية الكاملة من الأشعة فوق البنفسجية ومنعًا لزيادة الإصابة بسرطان الجلد. ولذلك اهتم العلماء كثيراً عندما تم اكتشاف الدور الذى تلعبه مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) فى استنزاف طبقة الأوزون. وتستخدم مركبات الكلوروفلوروكربون فى عبوات الرذاذ

والثلاجات وأجهزة التكييف. وعند اختلاط هذه المركبات بالغلاف الجوى لا تتفاعل وتظل ثابتة إلى أن تصعد إلى الطبقات العليا (الستراتوسفير) فتلتقى بالأشعة فوق البنفسجية فيتحرر الكلور الذرى النشط منهـا ويهـاجم الأوزون ويحـوله إلى الأكسجين العادى. ويقوم كل جزىء من CFCs باستنزاف مائة ألف جزىء من الأوزون. ولذلك تم تحديد إنتاج واستخدام هذه المركبات فى الدول المتقدمة. وهناك مركبات كيميائية أخرى مثل أكاسيد النيتروجين ومركبات الهالوكربون مع البروم قد تهاجم طبقة الأوزون. وسيؤدى ذلك بالضرورة إلى زيادة نسبة الإصابة بسرطان الجلد والكاتراكت وإفساد المحاصيل وطبقة البلانكتون – القاعدة الغذائية فى البحار والمحيطات. كما سيؤدى ذلك إلى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون نظراً لتقلص كمية النباتات والبلانكتون.

وفى ثمانينيات القرن العشرين اكتشف العلماء فقداً فى الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى أثناء بعض فصول السنة، فيما أطلقوا عليه «ثقب

الأوزون» وهو منطقة تصبح فيها طبقة الأوزون رقيقة جداً فى ربيع نصف الكرة الجنوبى، وتستمر كذلك لعدة أشهر قبل أن يستعيد الأوزون تركيزه مرة ثانية. وقد اكتشفت نفس الظاهرة فى القطب الشمالى بواسطة الطائرات الخاصة وبالونات الاستكشاف.

وقد تم توقيع بروتوكول مونتريال لسنة 1987 ، وهو عهد لحماية طبقة الأوزون، وقد صدقت عليه 36 دولة بما فيها الولايات المتحدة. وقد اقترح الاتحاد الأوربى التحريم الكامل خلال عقد التسعينيات من القرن الماضى لاستخدام CFCs وأيدته الولايات المتحدة فى ذلك. وبحلول عام 1995 كانت أكثر من 100 دولة قد تبنت الفكرة نفسها بالنسبة لبروميد الميثيل – مبيد الحشائش المستخدم على نطاق واسع فى الدول النامية والذى يعتقد أنه يستنزف 10 ٪ من كمية الأوزون المفقودة. وبحلول عام 1995 كانت الدول المتقدمة قد استغنت عن معظم ما كانت تستخدمه من CFCs، ووعدت الدول النامية أن تحذوا حذوها بحلول عام 2010 . وستقوم الدول المتقدمة والنامية بإحلال مركبات هيدروكلوروفلوروكربون HCFCs التى

ليس لها قوة التأثير نفسها التى لمركبات CFCs ؛ محل الأخيرة. وقد أطلقت «ناسا» – وكالة الطيران والفضاء الأمريكية – قمراً صناعيًا علميًا على ارتفاع 600 كم لمراقبة الأوزون فى الطبقات المختلفة للغلاف الجوى سنة 1991. ورصدت منظمة الأرصاد العالمية فقداً مقداره 45 ٪ من الأوزون فوق مساحة تمثل ثلث مساحة نصف الكرة الشمالى من جرينلاند وحتى غرب سيبريا على مدى عشرة أيام من شتاء 1995-1996. ومن المعتقد أن هذه المدة قد جاءت بفعل مركبات الكلور والبروم بالتضافر مع السحب التى تكونت فى طبقة الستراتوسفير فى ظروف انخفاض حاد فى درجة الحرارة.

## التمثيل الضوئي والأكسجين :

من المرجح أن تكون الخلايا الحية الأولى من نوع «هتيروتروف» – أي التى تلتهم أى شيء عضوى حولها، بما فى ذلك الخلايا الأخرى كمادة أولية ومصدر للطاقة. ونتيجة النقص فى الإمدادات الغذائية ظهرت استراتيجية جديدة فى بعض الخلايا، فبدلاً من الاعتماد على الكميات المتناقصة من المادة

العضوية المتاحة، تبنت هذه الخلايا وطورت ضوء الشمس كمصدر للطاقة. وتختلف التقديرات غير أنه منذ ما يقرب من ثلاثة بلايين سنة من الآن كانت هى نقطة استقرار التمثيل الضوئى تقريبًا كما نعرفه الآن. وقد جعل ذلك الحدث ضوء الشمس مصدرًا متاحًا ليس فقط للأوتوتروف بل وللهيتيروتروف التى تستهلكها. ويستخدم التمثيل الضوئى ثانى أكسيد الكربون والماء كخامات أولية، وبواسطة الطاقة المصاحبة لضوء الشمس أخذت تنتج مواد عضوية غنية بالطاقة (السكريات).

كان الأكسجين ناتجًا ثانويًا فى عمليات التمثيل الضوئى. وفى البداية كان هذا الأكسجين يتحد بالحديد والحجر الجيرى والمعادن الأخرى. وهناك من الأدلة الچيولوچية على ذلك ما هو محفوظ فى تسلسل الطبقات الحاملة للحديد فى هذه الفترة من تاريخ الأرض. ومن المحتمل أن المحيطات قد اكتست باللون الأخضر أثناء تفاعل الأكسجين مع المعادن. وعندما انتهى هذا التفاعل أخذ الأكسجين يتراكم فى الغلاف الجوى. ومع أن كل خلية كانت تنتج كمية ضئيلة من الأكسجين إلا أن كل

الخلايا على مدى العصور الچيولوچية السحيقة وحتى الآن قد أكسبت الغلاف الجوى للأرض تركيبته الحالية.

ولذا يقال للغلاف الجوى الحالى أنه الغلاف الثالث، وقد تفاعل بعض الأكسجين مع الأشعة فوق البنفسجية لينتج الأوزون الذى تجمع فى طبقة بالقرب من الجزء العلوى من الغلاف الجوى. قامت هذه الطبقة بامتصاص نسبة عالية من الأشعة فوق البنفسجية ومازالت تمتصها حتى الآن. وقد مكن هذا الأمر الخلايا الحية من استيطان الطبقة العليا من البحار والمحيطات وأن تغزو بعد ذلك اليابسة والهواء. وبدون طبقة الأوزون كانت الأشعة فوق البنفسجية التى تنهمر على سطح الأرض ستسبب طفرات فظيعة فى الخلايا الحية التى تتعرض لها.

وفيما عدا إنتاج كمية كبيرة من الطاقة المتاحة للصور الحية وحجب الأشعة فوق البنفسجية، فإن التمثيل الضوئى له تأثيرات مدوية على مستوى العالم. كان الأكسجين سامًا بالنسبة لمعظم صور الحياة التى كانت تموت عند تعرضها له (فيما يسمى كارثة الأكسجين). قامت بعض الأشكال القوية للحياة بتطوير

إمكانية استخدام الأكسجين فى عملية الأيض عن طريق التنفس وأكسدة الغذاء مما وفر طاقة هائلة من كمية الغذاء نفسها. وقد أدى تحول الكائنات إلى التنفس وأكسدة الغذاء بالضرورة إلى تطوير أجهزة معقدة فى أجسامها، فطورت الجهاز الهضمى والجهاز التنفسى والجهاز الدورى وأخيراً الجهاز العصبى والمخ للتحكم فى كل هذه الأجهزة والتنسيق بينها مركزياً.

## المناخ :

هو التأثير البعيد المدى لأشعة الشمس على سطح الأرض وغلافها الجوى. ويمكن إدراك المناخ فقط عن طريق متوسطات درجات الحرارة والرواسب الجوية السنوية أو الفصلية.

ونظراً للاختلاف الشديد بين مناطق اليابسة والبحار فإنها تتفاعل بطرق مختلفة مع الغلاف الجوى الذى يظل فى حركة دائمة ونشاط ديناميكى. وتشكل التغيرات اليومية فى منطقة معينة الطقس بينما يكون المناخ هو نتاج معالجة هذه التغيرات اليومية على المدى البعيد. ويرصد الطقس بواسطة الترمومترات وأوعية

قياس المطر والبارومترات (لقياس الضغط الجوى) وأجهزة أخرى متنوعة، إلا أن دراسة المناخ تعتمد على الإحصائيات. وتقوم أجهزة الكمبيوتر بهذه المعالجات الإحصائية بكفاءة عالية على مدى الأيام والشهور والسنوات. أما دراسة المناخ على مدى العصور الچيولوچية فيمثل علمًا آخر اسمه «المناخ القديم» أو «الباليومناخ».

ولا يتأثر المناخ بحالة أشعة الشمس فقط بل يتأثر كذلك بالتركيب المعقد للغلاف الجوى ومكوناته الكيميائية، وبالطريقة التى تنتقل بها الحرارة خلال الغلاف الجوى والمحيط وما بينهما، وبذلك لابد من أخذ عوامل كثيرة فى الاعتبار عند النظر إلى المناخ. فليست زاوية ميل الشمس فقط :(خط العرض) ولكن الارتفاع والشكل الطبوغرافى والبعد عن المحيط وعلاقة المنطقة بالجبال المجاورة والبحيرات وغيرها تؤثر فى مناخ أى منطقة. ومناخ المناطق الشاسعة يسمى «ماكرو» والمناطق المتوسطة «ميزو»، أما المناطق الصغرى فمناخها «ميكرو» (مثل المناخ فى ظل شجرة كبيرة فى حقل أو غابة).

ويؤثر المناخ بشدة فى الحياة النباتية والحيوانية بما فى ذلك الإنسان. وهو يلعب دوراً إحصائيًا هامًا فى كثير من العمليات الفسيولوجية بدءاً من النمو والتكاثر وحتى الحالة الصحية والمرض. لكن الإنسان هو الكائن الوحيد الذى يمكنه التأثير فى المناخ، وذلك بالتغيرات الطبوغرافية التى يحدثها على سطح الأرض وإطلاق الملوثات والكيماويات فى الغلاف الجوى.

## المناطق المناخية :

يتم وصف المناخ بشفرة متفق عليها أو مصطلحات ليست دقيقة إلى حد ما، لكنها مع ذلك مفيدة. فعلى مستوى الكوكب يمكن تقسيم المناخ إلى مناطق أو أحزمة يمكن رصدها فيما بين خط الأستواء والقطب فى كل من نصفى الكرة الأرضية. وحتى يمكن فهم هذه المناطق أو الأحزمة لابد أن نأخذ فى الاعتبار حركات الدوران فى الطبقة العليا من الغلاف الجوى، الستراتوسفير، وكذلك ما يدور فى الطبقة السفلى، التروبوسفير، حيث سيادة الطقس. ولم تصبح الظواهر

السائدة فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى مفهومة إلا بعد التقدم التكنولوجى الذى أحرزته البشرية فى مجال الصواريخ والطيران النفاث على أعتاب الستراتوسفير والأقمار الصناعية.

ويمكن أن نتصور كيف يصعد الهواء الساخن إلى أعلى على طول خط الاستواء ليهبط بالقرب من القطبين. ولذلك فإن المنطقة الاستوائية أو الحزام الاستوائى أميل أن يكون منخفض الضغط يسوده الهدوء. ولا يعكر هذا الهدوء سوى العواصف الرعدية المصحوبة بالسحب المتراكمة طبقات فوق بعضها. وبسبب هذا الهدوء يعرف هذا الحزام باسم الساكن. ويزاح هذا الحزام قليلاً إلى الشمال أثناء صيف نصف الكرة الشمالى وقليلاً إلى الجنوب أثناء صيف نصف الكرة الجنوبى. وعلى العكس من ذلك تهبط الكتل الهوائية فى مناطق القطبين مما يؤدى إلى ارتفاع الضغط الجوى وسيادة الجفاف والرياح الباردة التى تبدو وكأنها تشع من القطبين.

ويساهم دوران الأرض فى تعقيد هذه الصورة البسيطة فيؤدى إلى انحراف المكونات الشمالية والجنوبية لعمليات التدوير فى

الغلاف الجوى. ولذلك فإن الرياح الاستوائية والقطبية تميل ناحية الشرق (تأتى من الشرق)، ويتكون بذلك حزامان وسيطان فى نصفى الكرة الشمالى والجنوبى. وحول المنطقة المتاخمة لخطى عرض 30° شمالاً وجنوبًا يرتفع الضغط الجوى حيث يهبط الهواء العلوى وينقسم فيرسل بتيارات من الرياح تجاه خط الاستواء. وتهب الرياح التجارية المستقرة فى نصف الكرة الشمالى من الشمال الشرقى، وفى نصف الكرة الجنوبى من الجنوب الشرقى. وتؤدى المناطق عالية الضغط إلى تكون مناطق صحراوية فوق القارات، أما فوق المحيطات فتكون محملة بالرطوبة الناتجة عن بخر المياه. فإذا التقت هذه الرياح التجارية بجزيرة أو ساحل قارى يندفع الهواء المحمل بالرطوبة إلى أعلى إلى مستويات أبرد وقد يصحب ذلك أمطار غزيرة.

وتوجد منطقة ضغط منخفض فى جوار خطى عرض 50-60° شمالاً وجنوبًا، وهى تتميز بميل الرياح للاتجاه الغربى فتنحرف إلى الجنوب الغربى فى نصف الكرة الشمالى، وإلى الشمال الغربى فى نصف الكرة الجنوبى، وهى رياح متوسطة

السرعة محملة بالرطوبة تميل إلى جلب الرواسب العاصفية على جميع الارتفاعات على الجوانب الغربية للقارات. وتتصف هذه الرواسب بجبهات قطبية حيث يندفع الهواء البارد القادم من القطب شرقى الاتجاه ليدخل تحت الهواء الدافئ غربى الاتجاه، والذى يبرد فتترسب رطوبته. ويمثل هذا السيناريو سبب سقوط الثلوج على القارات شتاء.

## مستويات درجات الحرارة والرواسب :

تعد درجة الحرارة سمة من سمات المناخ ويمكن استخدامها لتحديد مستويات المناطق المناخية. وتقسم هذه المناطق حسب درجة الحرارة إلى خمسة مستويات :

1 - المناطق المدارية ومتوسط درجة الحرارة سنوياً وشهرياً فوق 20 °C.

2 - المناطق شبه المدارية وفيها يكون متوسط درجة الحرارة أعلى من 20 °C على مدى من 4 أشهر إلى 11 شهراً، ويحدث الاتزان بين 10 °C و 20 °C.

3 – المناطق المعتدلة وفيها تكون درجة الحرارة بين 10 °C و 20 °C على مدى من 4 أشهر إلى 12 شهراً.

4 – المناطق البـاردة وفيـهـا تكون درجة الحرارة من 10 °C إلى 20 °C بين شهر و 4 أشهر.

5 – المناطق القطبـيـة وفـيـهـا تكون درجة الحـرارة تحت 10 °C طوال العام (12 شهراً).

ويمكن التـعـرف على ثمـان مناطق مناخـيـة فى كل من نصفى الكرة الشمالى والجنوبى وذلك بمعلومية الرواسب :

1 – الاستوائية : أمطار فى كل الفصول.

2 – مدارية : أمطار صيفية وشتاء جاف.

3 – مدارية شبه صحراوية : أمطار طفيفة صيفية.

4 – صحراوية : جافة طول العام (جميع الفصول).

5 – جافة بحر متوسطية : أمطار طفيفة شتاءً.

6 – بحر متوسطية : أمطار شتوية وصيف جاف.

7 – معتدلة : رواسب طوال العام (جميع الفصول).

8 – قطبية : رواسب متفرقة طوال العام.

### التقسيم النباتي :

لا ينجح التقسيمان المذكوران أعلاه (تبعًا لدرجة الحرارة أو للرواسب) فى تحقيق تقسيم مناخى عالمى. غير أن النباتات تقدم لنا دليلاً مرشداً مفيداً، وبالذات فى بعض الحالات الخاصة مثل الغابات الاستوائية المطيرة، والتى تمطر فيها أمطار مدارية طوال العام، والساڤانا الدافئ المتميز فصليًا، والتوندرا الباردة المتميزة فصليًا. وهى منظومة مفيدة لمن يرغب التعرف على طبيعة المناطق ومعرفة كيف يعيش الإنسان فيها. أما التقسيم القائم على درجة الحرارة والرواسب فيقدم لنا دليلاً ومرشداً لتمييز أربعة أقسام:

دافئ جاف :(صحراوى، وبارد جاف قطبى)، ودافئ رطب (غابات استوائية مطيرة)، ومتوسط إلى دافئ وحتى بارد رطب (معتدل).

### الطقس :

هو حالة الغلاف الجوى فى زمان ومكان محددين. وتتكون عناصر الطقس من درجة الحرارة والرطوبة وحالة السحب والرواسب (الأمطار والثلوج) والرياح والضغط وتنتظم هذه

العناصر فى منظومات للطقس مثل مناطق الضغط العالى ومناطق الضغط المنخفض، والعواصف الرعدية والأعاصير. وتتحكم فى كل هذه المنظومات قوانين الحرارة والحركة ولها سماتها المحددة. وتدرس هذه المنظومات فى علم الأرصاد الجوية الذى يتضمن كذلك التنبؤ بالطقس. ويختلف الطقس عن المناخ، فالمناخ يتضمن سمات منطقة معينة على المدى البعيد، كما يتضمن الإحصائيات المختلفة عن عناصر الطقس.

## درجة الحرارة :

وتعبر درجة الحرارة عن سخونة الهواء، ويستخدم لقياسها ثلاثة مقاييس : الكلفن (الدرجة المطلقة)، والدرجة السلزية (المئوية)، والفهرنهايت (ويستخدم فى الولايات المتحدة). والعلاقة بين المقاييس الثلاثة هى :

$$K = {}^\circ C + 273.15$$

$$^\circ C = K - 273.15$$

$$^\circ F = (^\circ C \times 9/5) + 32$$

$$^\circ C = (^\circ F - 32) \times 5/9$$

وترمز K – الكلفن ، F – الفهرنهايت ، C° – السلزية

وتبلغ متوسط درجة حرارة الأرض 15° C عند مستوى سطح البحر، لكهنا تختلف مع الارتفاعات وخطوط العرض والفصول والوقت من اليوم. ومدى تفاوت درجة الحرارة يقع بين 58° C كحد أقصى إلى – 88° C كحد أدنى مسجل.

وتسجل أعلى درجة حرارة خلال اليوم بعد الظهر، وأدنى درجة حرارة وقت الفجر. ويتضح التفاوت بين الفصول فى خطوط العرض الكبيرة، فالشهور جميعها دافئة عند خط الاستواء، لكنها فى خطوط العرض الكبيرة تكون أدفأ ما يمكن فى الشهر التالى لأطول أيام السنة (شهر يوليو بعد 21-22 يونيو فى نصف الكرة الشمالى ويناير فى نصف الكرة الجنوبى) وأبرد ما يمكن فى الشهر التالى لأقصر أيام السنة (يناير فى نصف الكرة الشمالى ويوليو فى نصف الكرة الجنوبى) .

وتنخفض درجة الحرارة فى المتوسط بمقدار 6.5° C لكل كيلو متر ارتفاع. وقد تتغير درجة الحرارة فجأة عند اقتحام كتلة هوائية باردة أو ساخنة للموقع، وكذلك أثناء الأعاصير.

**الرطوبة :**

هى مقدار ما يحمله الهواء من بخار الماء، وتقدر الرطوبة بأجزاء فى الألف من الماء فى الهواء الجوى، وتبلغ أقصى رطوبة 20 جزء فى الألف. لكن المقياس المتبع لوصف الرطوبة هو الرطوبة النسبية، وهى نسبة الرطوبة إلى الرطوبة التى يتشبع بها الهواء فى درجة حرارة معينة. ولأن تشبع الهواء بالرطوبة يزداد بزيادة درجة الحرارة (يزداد إلى الضعف كل 10° درجات)، فإن نفس كمية الرطوبة تسبب تشبعًا أكبر فى درجات الحرارة المنخفضة (عند الفجر) وتشبعًا أقل فى درجات الحرارة المرتفعة (بعد الظهر). وعندما يتشبع الهواء بالرطوبة (الكمية القصوى) يصبح الإحساس بعدم الراحة سائدًا لأنه عندئذ يستحيل تبخر العرق الذى يلطف الجسم. وإذا برد الهواء إلى الدرجة التى يصبح مشبعًا عندها فإن درجة الحرارة هذه تسمى نقطة الندى، لأن الهواء إذا برد تحتها ستتكثف منه قطرات الندى أو الصقيع (بلورات الجليد).

**السحب :**

تتكون كل السحب والرواسب تقريبًا نتيجة انخفاض درجة حرارة الهواء أثناء ارتفاعه عن سطح الأرض. يتكثف بخار الماء الزائد نتيجة التبريد إلى قطرات من الماء أو بلورات من الجليد مكونًا السحب أو الضباب. وللسحب أشكال مختلفة منها الضباب الذى هو سحاب يلامس الأرض. ويحدث الضباب عندما تكون الأرض أبرد كثيراً من الهواء الذى فوقها مباشرة كما هو الحال عند الفجر وفوق التيارات الباردة فى المحيط. وقد أهلك الضباب الحمضى الكثيف آلاف الإنجليز فى مدينة لندن حتى سنة 1956 حين منع حرق الفحم فى المدن. ومن المعروف أن أكاسيد الكبريت تنتشر فى الهواء عند حرق الفحم المحتوى على الكبريت، وعند تكثف الضباب تذوب هذه الأكاسيد فى قطرات الماء لتعطى الأحماض الكبريتية.

وتتخذ السحب أشكالاً مختلفة تبعًا لموقع بداية التكثيف وشكل الطبقة الحاملة للرطوبة المرتفعة. وتحدث الظواهر الضوئية مثل قوس قزح والهالات عندما يمر الضوء من خلال قطرات أو

بلورات السحب فتلعب دور المنشور الزجاجي الذى ينكسر الضوء بداخله وينعكس على الأسطح الداخلية ويتحلل إلى مكوناته (الطيف).

## الرواسب :

تحدث الرواسب عندما تنمو قطرات الماء أو بلورات الجليد في السحب بحيث تبدأ فى السقوط تجاه الأرض. ولا يحدث الترسيب من السحب عادة إلا إذا وصل سمكها إلى 1 كم على الأقل. وتتخذ الرواسب أشكالاً متعددة، فهناك المطر والرذاذ والمطر المتجمد والثلج وقطع الجليد مختلفة الأحجام (البَرَدْ). ويزيد قطر قطرات المطر عن 0.5 م بينما يقل قطر الرذاذ عن ذلك. والقليل جداً من قطرات المطر ما يزيد قطره على 6 م حيث تصبح هذه القطرات غير مستقرة وتنقسم أو تتفتت إلى قطرات أصغر. أما بلورات الجليد فهى قطرات مطر قد تجمدت فى طبقات الهواء المتوسطة، لكن المطر القابل للتجمد عبارة عن ماء سائل يتجمد عند ملامسته سطحًا بارداً ليكوّن طبقة زلقة من الجليد. ورقائق الثلج عبارة عن بلورات مفردة أو تجمع لبلورات من الجليد.

وتتكون الرقائق الكبيرة عادة عندما تكون درجة الحرارة حول الصفر °C. فعند هذه الدرجة تكون رقائق الجليد منصهرة جزئيًا فتلتصق ببعضها عندما تتصادم. أما كرات الجليد ويتراوح قطرها بين 6 إلى 150 م فتتكون من تجمعات من قطرات المطر التى التصقت ببعضها وتجمدت. والكرات الكبيرة من الجليد (البَرَد) لا تتكون إلا أثناء العواصف الرعدية فقط حيث يحفظ التيار الصاعد من الهواء هذه الكرات من أن تسقط فتنمو وتكبر إلى أحجام كبيرة.

وتقاس كمية الراسب بعمق ما يترسب، فالعواصف الشتوية تجلب عادة من 10 م إلى 30 م من الأمطار فوق مساحة كبيرة من الأرض خلال 12 إلى 24 ساعة. أما العواصف الرعدية الضيقة فقد تسبب ترسيب ما يقارب من 20 م فى عشر دقائق مما يؤدى إلى الفيضانات المؤقتة؛ حيث يرتفع مستوى المياه بسرعة. أما الأعاصير فقد تجلب رواسب تصل إلى 250 م وفيضانات عارمة. وعادة ما يكون عمق الثلج أكبر كثيراً من عمق الأمطار لصغر كثافة الثلج. وفى وقت العواصف الشتوية

الشديدة قد يترسب 250 م من الثلوج على مدى 24 ساعة. وعند تسرب التيارات الهوائية القطبية تترسب كميات كبيرة من الثلوج على جوانب التلال والجبال.

ويبين الجدول المرفق الأرقام القياسية لكميات الأمطار ودرجات الحرارة والرياح.

**الرياح :**

هى الحركة الأفقية للهواء، ويطلق على الرياح اسم يدل على الجهة التى تهب منها، فالرياح الشمالية تهب من الشمال .. وهكذا. وعادة ما تتراوح سرعة الرياح بالقرب من سطح الأرض بين 8 ، 24 كم / ساعة، لكنها قد تشتد كثيراً أثناء العواصف الشديدة. وقد تتجاوز سرعة الرياح فى الأعاصير من نوع هاريكان أو تايفون 120 كم / ساعة بالقرب من مركز الإعصار، وقد تصل إلى 320 كم / ساعة. وقد سجلت أكبر سرعة للرياح أثناء إعصار من نوع تورنادو، ووصلت 480 كم / ساعة. وفيما عدا هذه الأعاصير والعواصف فإن سرعة الرياح تزداد كلما ارتفعنا عن الأرض خلال منطقة التروبوسفير.

وتسمى حركة الهواء الرأسية تياراً، وتنشأ الرياح نتيجة اختلاف الضغط الجوى والذى يرجع بدوره للاختلاف فى درجة حرارة الهواء. تحدث هذه الاختلافات فى الضغط ودرجة الحرارة نتيجة التوزيع غير المنتظم للحرارة القادمة من الشمس بالتضافر مع الاختلاف فى الخواص الحرارية بين سطح اليابسة وسطح المحيط.

## الأرقام القياسية العالمية في الطقس

**أ - الأمطار :**

| الرقم القياسى | الموقع | الكمية |
|---|---|---|
| أعلى كمية أمطار في نصف الكرة الشمالي | بايشيه – تايوان | 124 سم |
| أعلى كمية أمطار في 24 ساعة (بدون تدخل من الجبال) | دهارامبورى – الهند | 99 سم |
| أعلى كمية أمطار في 24 ساعة | سيلاوس – رينيون | 188 سم |
| أعلى كمية أمطار فى 5 أيام | سيلاوس – رينون | 386 سم |
| أعلى كمية أمطار فى 12 ساعة | بيلوف – رينيون | 135 سم |
| أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أفريقيا | ديبوندشيه – الكاميرون | 1029 سم |

| الرقم القياسى | الموقع | الكمية |
|---|---|---|
| أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أفريقيا | وادى حلفا - السودان | 3 سم |
| أدنى متوسط سنوى للأمطار فى آسيا | عدن - جنوب اليمن | 5 سم |
| أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أوربا | كركفين - الصرب والجبل الأسود | 465 سم |
| أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أوروبا | أستراخان - روسيا | 16 سم |
| أعلى كمية أمطار فى ٢٠ دقيقة | كورتى - دى - آرج رومانيا | 21 سم |
| أعلى كمية أمطار فى ٢٤ ساعة فى أستراليا | كورهامهيرست كوينزلاند | 91 سم |
| أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أستراليا | تولى - كوينزلاند | 455 سم |
| أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أستراليا | مولكا | 10 سم |
| أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أمريكا الجنوبية | كويبدو - كولومبيا | 899 سم |

| الرقم القياسى | الموقع | الكمية |
|---|---|---|
| أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أمريكا الجنوبية | آريكا - تشيلي | 0.7 سم |
| أعلى متوسط سنوى للأمطار فى أمريكا الشمالية | هندرسْ، كولومبيا البريطانية - كندا | 665 سم |
| أدنى متوسط سنوى للأمطار فى أمريكا الشمالية | ياكويس - المكسيك | 3 سم |
| أكبر عدد من أيام السنة ممطرًا | باهيافيلكس - تشيلي | 325 يومًا |
| أطول فترة بدون أمطار | آريكا - تشيلي | 14 يومًا |
| أعلى متوسط سنوى لفترة عواصف رعدية | كمبالا - أوغندا | 242 يومًا |
| أعلى متوسط سنوى للعواصف الرعدية المستمرة | بوجور - إندونيسيا | 322 يومًا |
| أطول فترة سقوط ثلوج مستمرة | بيسانسي - فرنسا | 19 ساعة وسقوط 173 سم ثلوج |

**ب - درجة الحرارة :**

| الرقم القياسى | الموقع | الدرجة |
|---|---|---|
| أعلى درجة حرارة سجلت على الإطلاق | العزيزية – ليبيا | C°58 |
| أدنى درجة حرارة سجلت على الإطلاق | فوستوك – القطب الجنوبي | C°88 - |
| أعلى درجة حرارة فى القطب الجنوبى | | C°16 |
| أدنى درجة حرارة فى القطب الجنوبى | القطب الجنوبى | C°77- |
| أدنى درجة حرارة فى أفريقيا | إيفران – المغرف | C°24- |
| أعلى درجة حرارة فى أستراليا | كولنكورى – كوينزلاند | C°53 |
| أدنى درجة حرارة فى أستراليا | تشارلون بريس | C°22- |
| أدنى درجة حرارة فى جرنيلاند | نورثايس | C°66- |
| أعلى درجة حرارة فى أوربا | سيڤيل – أسبانيا | C°50 |
| أدنى درجة حرارة فى أوربا | أوست تسشوجور روسيا | C°55- |

| الرقم القياسى | الموقع | الدرجة |
| --- | --- | --- |
| أدنى درجة حرارة فى نصف الكرة الشمالى | أويميكون – روسيا فيرفوباسك – روسيا | C° 68- |
| أعلى درجة حرارة فى نصف الكرة الغربى | وادى المـــوت – أمريكا كالفورنيا | C°57 |
| أدنى درجة حـرارة فى أمـريكا الشمالية (عدا جرينلاند) | سناج – يوكـون – كندا | C°63- |
| أعلى متوسط سنوى لدرجة الحرارة فى العالم | دالول – إثيوبيا | C°34 |
| أعلى درجـة حـرارة فى أمـريكا الجنوبية | ريڤـادافـيـا – الأرجنتين | C°49 |
| أدنى درجـة حـرارة فى أمـريكا الجنوبية | ســارمنينو – الأرجنتين | C°33- |
| أعلى درجة حرارة فى آسيا | تيـرات تسـفى – فلسطين المحتلة | C°54 |
| أعلى متـوسط سنوى لمدى تغيير درجة الحرارة | شرق سايان – روسيا | C°63 |
| أعلى متوسط درجة حرارة استمر فترة طويلة «١٦٢ يوم مستمراً» | مـاربل هيـد – أستراليا | C°38 |
| أسرع ارتفاع فى دجة الحرارة فى المدى القصير | أدبذه – سكوتلاندا | C°6- |

**جـ - *الرياح* :**

| الرقم القياسى | الموقع | السرعة |
|---|---|---|
| أعلى سرعة رياح (قمة) | نول - قاعدة جوية جرينلاند | 333 كم/ساعة |
| أعلى متوسط سرعة الرياح فى ٢٤ ساعة | بورت مـــارث = القطب الجنوبى | 174 كم/ساعة |
| أعلى سرعة رياح (قمة) جاست | جبل واشنطن | 372 كم/ساعة |
| أعلى متوسط شهرى لسرعة الرياح | بورث مـــارتن - القطب الجنوبي | 105 كم/ساعة |

وعندما تصبح درجة الحرارة غير متساوية فى المناطق المتجاورة، يميل الهواء الأدفأ للارتفاع فوق الهواء الأبرد والأثقل. وتتأثر هذه الرياح بحركة دوران الأرض. وتنقسم الرياح إلى أربعة أنواع : الرياح السائدة، والرياح الموسمية، والرياح المحلية والرياح العاصفة (سايكلون وأنتيسيكلون). وتسود الرياح التجارية الشمالية الشرقية شمال خط الاستواء بينما تسود الرياح الجنوبية الشرقية جنوبه. أما حول خط الاستواء بين 10° شمالاً وجنوباً

فتتواجد منطقة ضغط منخفض تسمى «دولدرامز» ، وهى هادئة، ولذا تسمى أحياناً بالحزام الاستوائى الهادئ. وهى المنطقة التى تتحرك تجاهها الرياح من الخطوط المدارية شمالاً وجنوباً. ويعاود الضغط الجوى انخفاضه فى خطوط العرض المتوسطة والعالية (شمال وجنوب المدارين) مما يتسبب فى هبوب الرياح من المناطق المدارية فى اتجاهها. وتتأثر حركة الرياح بدوران الأرض. ونتيجة تكون السيكلون والأنتيسيكلون (الإعصار الحلزونى والإعصار المضاد) تتغير اتجاهات هذه الرياح من يوم لآخر. والمناطق القطبية عالية الضغط فتهب الرياح منها فى اتجاه المناطق منخفضة الضغط حول خطوط العرض المتوسطة والعالية. وتنحرف اتجاهات هذه الرياح تجاه الشرق نتيجة حركة دوران الأرض. وقد بلغت سرعة أعتى الرياح المسجلة 362 كم/ساعة فوق جبل واشنطن فى نيوهامبشاير فى 12 أبريل سنة 1934 ، إلا أن رياحًا أعتى من هذه تحدث فى مراكز الزوابع (التورنادو) .

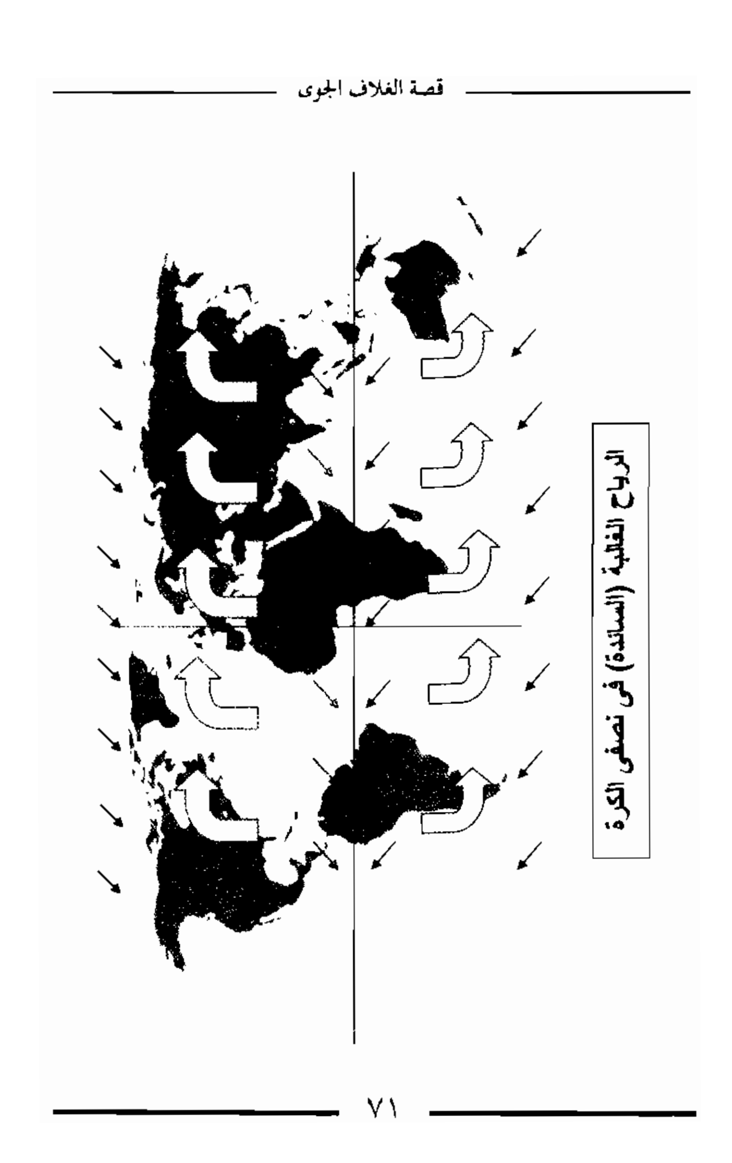
وقد وضع الإيرلندي فرانسيس بيفورت مقياسًا للرياح سنة 1805 مازال مستخدمًا إلى اليوم وتتدرج فيه تأثيرات الرياح على اليابسة وفوق المياه (البحار والمحيطات) مع سرعة هذه الرياح.

وتأخذ أهدأ الرياح التى تقل سرعتها عن 1 كم/ساعة الرقم صفر ثم تتدرج كما فى الجدول حتى الرقم 12.

**الضغط :**

يلعب الضغط دوراً محورياً فى جميع منظومات الطقس. وتعريف الضغط أنه القوة التى يمارسها الهواء على سطح ما مقسومة على مساحة هذا السطح (القوة على وحدة المساحات). وعادة يكون الضغط مساوياً لوزن عمود الهواء على وحدة المساحات (مقسوماً على مساحة مقطع عمود الهواء). وينخفض الضغط بمعدل كبير كلما صعدنا لأعلى، فيقل إلى النصف كلما ارتفعنا 5.5 كم.

ولا يختلف الضغط عند مستوى سطح البحر إلا بنسبة ضئيلة وهناك مناطق يرتفع فيها الضغط (مناطق الضغط المرتفع) وأخرى ينخفض فيها الضغط (مناطق الضغط المنخفض). وتحدث معظم العواصف فى مناطق الضغط المنخفض. ويدل الانخفاض السريع فى الضغط الجوى على اقتراب العاصفة عادة، أما الارتفاع السريع للضغط الجوى فيبين أن السماء ستصبح صافية.



الرياح القطبية (السائدة) فى نصفى الكرة

## مستويات الطقس :

تحدث أنظمة الطقس فى مدى واسع من المستويات، فالأمطار الموسمية تهطل على مستوى الكوكب وهى من أكبر المنظومات التى يعرفها الطقس، وتمتد عدة آلاف من الكيلومترات. أما العواصف الرعدية فأصغر كثيراً من ذلك وعادة ما يتراوح قطرها بين 10 ، 20 كم. أما الزوابع من نوع «التورنادو» والتى تمتد من قاعدة العاصفة الرعدية فيتراوح قطرها بين 50 متراً و 2 كم (بمتوسط 500 متر). والمستويات الرأسية للطقس محدودة جداً؛ ذلك لأن الضغط يتناقص سريعًا مع الارتفاع ولأن درجة الحرارة تتوقف عن الانخفاض كلما ارتفعنا فى الستراتوسفير (فوق التروبوسفير). ومعلومات الطقس مرتبطة بالتروبوسفير فقط. وفيما عدا بعض العواصف الرعدية فائقة الطول التى قد تصل إلى الستراتوسفيرو أحيانًا، فإن الأخير دائمًا صاف.

## مقياس بيفورت للرياح

| المقياس | كم/سرعة | التأثير على اليابسة | التأثير على الماء |
|---|---|---|---|
| صفر | < 1 | ارتفاع أعمدة الدخان رأسيا، عدم حركة أوراق الأشجار. | سطح البحر ناعم كالمرآة. |
| 1 | 6 - 1 | تحرك أعمدة الدخان، وحركة بالكاد فى أوراق الأشجار. | تموجات خفيفة بدون رغاوى. |
| 2 | 12 - 7 | الشعور بالرياح على الوجه، الحركة البسيطة لأوراق الأشجار. | تموجات صغيرة وقمم لا تنكسر. |
| 3 | 19 - 13 | حركة أوراق الأشجار والأغصان الرقيقة وارتفاع الأوراق والغبار من الأرض. | تموجات كبيرة وقمم تتكسر، بعض الرغاوى البيضاء. |
| 4 | 30 - 20 | حركة الفروع الصغيرة على الأشجار، الرياح ترفع فى الهواء الأوراق والغبار. | موجات صغيرة، تزايد الرغاوى البيضاء على قمم الموجات. |

| المقياس | كم/سرعة | التأثير على اليابسة | التأثير على الماء |
|---|---|---|---|
| 5 | 31 - 39 | تميل الأشجار الصغيرة وتتحرك الأغصان الكبيرة، وترتفع سحب الغبار. | موجات متوسطة مع رغاوى على القمم ورذاذ من الموجات. |
| 6 | 40 - 50 | فروع الأشجار الكبيرة تتحرك باستمرار و هناك صفير للرياح، ويصعب استخدام الشماسى. | موجات كبيرة مع زبد أبيض كثيف على القمم |
| 7 | 51 - 62 | صعوبة السير، تحرك كل الأشجار. | موجات كبيرة تتكوم الرغاوى البيضاء تتناثر من الموجات المنكسرة |
| 8 | 63 - 74 | تنكسر فروع الأشجار الصغيرة، مقاومة السير. | موجات عالية متوسطة الارتفاع، انتشار الرذاذ مع الرياح |
| 9 | 75 - 87 | دمار طفيف لبعض المنشآت. | موجات عالية بزبد كثيف. |
| 10 | 88 - 102 | خلع الأشجار الوحيدة بجذووها، دمار أكبر بالمنشآت | موجات عالية جداً، بزبد ورغاوى فى شكل أشرطة. |

| المقياس | السرعة | التأثير على اليابسة | التأثير على الماء |
|---|---|---|---|
| 11 | 103 - 117 | دمار واسع النطاق | موجات عالية بصورة كبيرة، البحر مغطى بتجمعات من الرغاوى الذى تذروه الرياح الشديدة. |
| 12 | > 118 | دمار شديد وهدم | موجات عالية بصورة كبيرة، الهواء يمتلئ بالرغاوى والرذاذ. |

**أسباب الطقس :**

تعتبر حرارة الشمس هى السبب الأول وراء كل ما يحدث فى الطقس. فالشمس تشع الطاقة بمعدل ثابت إلا أن بعض المناطق تتلقى طاقة أكثر من غيرها عندما تكون الشمس فى كبد السماء وعندما تطول ساعات سطوعها نهاراً. وتجعل الشمس المنطقة الاستوائية أكثر المناطق دفئاً على الأرض، وأدفأ كثيراً من الأقطاب. وفى الصيف تجعل الشمس أى منطقة أدفأ من الشتاء؛ وفى نصف الكرة الشمالى تتعامد الشمس أكثر واليوم يصبح أطول فى فصل الصيف حول شهر يوليو. أما فى نصف الكرة

الجنوبى فيحدث نفس الشيء حول شهر يناير. وفى صيف نصف الكرة الشمالى يميل محور الأرض من طرفه الشمالى نحو الشمس، ويحدث نفس الشيء شتاءً فى نصف الكرة الجنوبى حول شهر يناير.

ويتسبب الاختلاف فى درجة الحرارة نتيجة التسخين غير المنتظم فى الاختلاف فى كثافة وضغط الهواء، الأمر الذى يمثل القوة الدافعة للرياح. أما الحركة الرأسية للهواء فتحدث بسبب طفو كتلة هوائية أدفأ من الهواء الذى حولها ولذلك تقل كثافتها فتطفو وترتفع. كما أن الهواء يندفع بفعل فرق الضغط من المناطق مرتفعة الضغط إلى المناطق منخفضة الضغط. وبمجرد أن يبدأ الهواء فى الحركة فإنه ينحرف بفعل حركة دوران الأرض فيما يعرف باسم ظاهرة «كريوليس» (قوى كريوليس). وتتسبب هذه الظاهرة فى انحراف الرياح جهة اليمين فى نصف الكرة الشمالى وجهة اليسار فى نصف الكرة الجنوبى. ويتضح تأثير هذه القوى على المدى المتسع وليس على الرياح المحلية القصيرة المدى، ذلك أن هذه القوى (كريوليس) ضعيفة.

## منظومة المناخ :

تزداد سرعة الرياح الغربية فى نصفى الكرة الشمالى والجنوبى كلما ارتفعنا فى اتجاه قمة التروبوسفير، فيتكون نهر متموج من الرياح يسمى التيار النفاث. أما بالقرب من سطح الأرض حيث تبطئ الرياح من سرعتها بفعل الاحتكاك، فإن الهواء يهب بزاوية حادة تجاه المناطق منخفضة الضغط مكونًا حلزونًا ضخمًا يسمى «سيكلون». ويسمى الحلزون الضخم الذى يتكون حول منطقة الضغط المرتفع التى تهب منها الرياح «أنتيسيكلون» وتتسبب قوى كريوليس فى نصف الكرة الشمالى فى جعل الهواء فى المناطق منخفضة الضغط يدور عكس اتجاه عقارب الساعة ويندفع إلى الداخل مكونًا «سيكلون»، بينما فى المناطق مرتفعة الضغط يدور الهواء فى اتجاه عقارب الساعة ويندفع إلى الخارج مكونًا «أنتيسيكلون». أما فى نصف الكرة الجنوبى فإن «السيكلون» يدور فى اتجاه عقارب الساعة بينما يدور الأنتيسيكلون عكس عقارب الساعة.

يتم إحلال الهواء المتسارع إلى الخارج فى «الأنتيسيكلون» بواسطة كتل هوائية تهبط من أعلى، ولذلك تكون السماء عادة صافية ودرجة الحرارة منتظمة فى هذه المناطق. أما فى حالة «السيكلون» عندما يندفع الهواء نحو المركز فإنه يرتفع ليكون سحبًا كثيفة ورواسب.

ويتكون «السيكلون» المدارى أثناء الصيف والخريف ويسمى «هوريكان» أو «تايفون» فوق المياه الدافئة فى المحيطات فى أحزمة موازية لخط الاستواء فيما بين خطى عرض 5°، 30° شمال وجنوب خط الاستواء. تتزايد سرعة الهواء فى الأعاصير من نوع «هوريكان» كلما دار فى حلزون الإعصار إلى الداخل ثم يستدير فجأة إلى أعلى قرب المركز أو يرتفع على شكل أحزمة مطيرة. ويسمى هذا السلوك «جدار العين» حيث تحدث أكثر الرياح شدة وتسقط أغزر الأمطار. ويحيط جدار العين بلب الإعصار أو عينه والتى تتميز بسماء جزئيًا صافية ورياح هادئة.

وفى خطوط العرض المتوسطة والعالية (التى تقترب من القطبين) يتلاقى كل من الهواء المدارى والهواء القطبى فى

مناطق الضغط المنخفض فيما يسمى «إكسترا مدارى سيكلون»، (سيلكون فوق مدارى) ليكونا مناطق ضيقة غير عريضة من درجات الحرارة المتغيرة يطلق عليها جبهة. وقد يتسبب السيكلون فوق المدارى فى نشأة عواصف ثلجية فى ناحيتها الشمالية، وفى الوقت نفسه يتسبب فى عواصف رعدية حادة وزوابع من نوع التورنادو فى ناحيتها الجنوبية.

والعواصف الرعدية صغيرة الحجم نسبيًا، وهى عبارة عن تيارات حمل تتكون بطفو الهواء بسرعة كبيرة إلى أعلى، وعندما تصل العاصفة الرعدية إلى ذروتها يندفع هواء بارد محمل بالأمطار أو رقائق الثلج والجليد إلى أسفل فى اتجاه الأرض. ولكون العواصف الرعدية صغيرة (لا تزيد عن 16 كم) فإنها تعبر بسرعة ولا تستمر فى أى موقع أكثر من ساعة. وقد تتسبب بعض العواصف الرعدية الشديدة فى سقوط الجليد بكثافة عالية. وقد تأخذ العواصف الرعدية فى الدوران ببطء لينتج عنها «تورنادو» سريع الدوران.

ومنظومات الطقس التى يسودها تيارات الحمل أهدأ كثيراً من العواصف الرعدية. وتتكون خلايا تدويرية منتظمة يهبط فيها الهواء البارد الأكثر كثافة ويهب فى اتجاه الأرض ليحل محل الهواء الأدفأ والأقل كثافة الصاعد إلى أعلى. وتتخذ هذه الخلايا التدويرية أحجامًا ومستويات مختلفة، فهى تحدث على امتداد شاطئ البحر حيث الهواء فوق الأرض أدفأ منه فوق البحر فيصعد ليحل محله هواء من فوق البحر فيما يسمى نسيم البحر. وتنعكس الصورة ليلاً حيث يكون الهواء فوق مياه البحر أدفأ فيصعد ليحل محله هواء من فوق الأرض فيما يسمى نسيم البر.

وعلى مستوى كوكب الأرض يرتفع الهواء الساخن الرطب بالقرب من خط الاستواء ليحل محله هواء أبرد وأكثر كثافة يهبط بالقرب من المدارين ليهب فى اتجاه خط الاستواء على شكل رياح سطحية. وتسمى الرياح التى تهب فى اتجاه خط الاستواء بالرياح التجارية، وهى من أكثر الرياح استقرارًا، وهى تهب من الاتجاهين الشمال الشرقى والجنوب الشرقى نتيجة لقوى كريوليس.

ويطلق على خلية التدوير المدارية «خلية هادلى» وتزاح هذه الخلايا شمالاً وجنوباً مع تغير فصول السنة وتتسبب فى مواسم الأمطار الغزيرة فى الهند. فمثلاً يقع الهواء الساخن الصاعد فى خلية هادلى فوق الهند وتهب الرياح المحملة بالرطوبة من المحيط الهندى فى شهر يوليو. أما فى شهر يناير فيهبط الهواء البارد من خلية هادلى فوق الهند وتهب الرياح فى الاتجاه المضاد.

وتقع خلية تدوير متغيرة تسمى «تدوير ووكر» فوق المناطق المدارية من المحيط الهادى، ويرتفع الهواء عادة فوق المناطق الدافئة فى غرب الباسفيك فوق أرخبيل الملايو بينما يهبط الهواء فوق المناطق الباردة فى شرق الباسفيك عند شواطئ الإكوادور والبيرو. وفى أغلب السنوات ينتاب هذه الحلقة التدويرية الوهن فى أواخر شهر ديسمبر وتبدأ المياه الباردة على شواطئ أمريكا الجنوبية فى اكتساب حرارة ببطء. ولكون هذه الظاهرة تحدث حول عيد الميلاد فقد أطلق عليها اسم «إل نينو» (الطفل) والظاهرة التى تتكرر كل سنتين إلى خمس سنوات حيث يسخن الماء شرق المحيط الباسفيك بشدة فتضعف حلقة ووكر التدويرية لدرجة أنها

أحيانًا تعكس اتجاهها، فيرتفع الهواء مسببًا أمطارًا غزيرة على المناطق الجافة والإكوادور والبيرو، وحدوث «هوريكان» فوق تاهيتى. وعلى الجانب الآخر من المحيط الباسفيك يهبط الهواء جالبًا معه موجات من الجفاف لأستراليا. ويستطيع رجال الأرصاد الجوية اليوم التنبؤ بحدوث النينو بدرجة معقولة من الدقة قبل عدة أشهر من وقوعه.

**التنبؤ بالطقس :**

حدثت تطورات هامة فى عملية التنبؤ بالطقس منذ بداية القرن العشرين. ويرجع ذلك أساسًا لتطوير الكمبيوتر والأجهزة الرائعة مثل الأقمار الصناعية والرادار. وتتجمع بيانات الطقس من جميع أنحاء العالم بواسطة منظمة الأرصاد الجوية العالمية، وخدمة الطقس الوطنية، ووكالات أخرى غيرها، لتدخل على نماذج كمبيوترية تقوم بتطبيق قوانين الحركة وقوانين بقاء الطاقة والكتلة، لينتج عن كل ذلك حالة الطقس فى المستقبل القريب (يوم أو عدة أيام). وقد حذرت مثل هذه التنبؤات فى بعض الحالات من الأعاصير الكبرى قبل وقوعها بأسابيع.

ومن أصعب الأمور فى التنبؤ بالطقس العواصف الصغيرة المحدودة مثل العواصف الرعدية والتورنادو، فهى أصعب كثيراً من التنبؤ بالأعاصير الكبرى والأنظمة على المستويات الكبيرة. وفى المناطق التى تحدث فيها العواصف الرعدية بوتيرة متزايدة، فإن التنبؤ بها يصبح ممكناً فى حدود عدة أيام. لكن التنبؤ بحجم ووقت وقوع العواصف الرعدية وموقعها بالضبط أمر مرهون بساعة أو ما يقرب من ذلك.

## التحكم في الطقس :

يستطيع الإنسان أن يعدل فى الطقس أو المناخ، فهو يستطيع جعل السحب المكونة من قطرات الماء والتى قمتها أبرد من ($-5^{\circ}C$) أن تنزل المطر بواسطة نشر بلورات بعض المواد مثل يوديد الفضة خلالها. ويتسبب زرع السحب فى تكوين ونمو بلورات الجليد للدرجة التى تجعلها تسقط من السحب. ومع أن زرع السحب قد أثبت كفاءة فى بعض الأحيان، إلا أن هذا التأثير لم يثبت بعد على المستويات الكبرى.

ويتم تعديل الطقس بالقرب من سطح الأرض للأغراض الزراعية فمثلاً جعل لون الأراضى الزراعية داكنًا يؤدى إلى ارتفاع درجة حراراتها، كما أن استخدام المراوح فى الليالى الباردة الصافية فوق الحقول يجلب كتل الهواء الأدفأ الطافية فوق الهواء الأبرد لتنزل وتدفئ الحقل وتمنع تكون الصقيع.

وقد أثرت الأنشطة البشرية فى الطقس بشكل حاد وكذلك فى مناخ كوكب الأرض. فإضافة غازات من نوع ثانى أكسيد الكربون والميثان إلى الغلاف الجوى قد زاد من تأثير الصوبة الزجاجية وساهم فى ظاهرة الاحترار العالمى برفع درجة الحرارة المتوسطة للأرض بحوالى 0.5 درجة منذ بداية القرن العشرين. وقد أدى إطلاق مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) فى الغلاف الجوى (وهى المركبات المستخدمة فى العبوات المضغوطة والثلاجات وأجهزة التكييف) إلى استنزاف طبقة الأوزون فى الستراتوسفير مما جعل هذه الطبقة تفقد الكثير من سمكها فوق القطب الجنوبى كل ربيع (شهر أكتوبر). وتتمثل تداعيات هذه الظاهرة الخطيرة فى وصول نسبة أكبر من الأشعة فوق البنفسجية

الفتاكة إلى سطح الأرض وارتفاع نسبة الإصابة بسرطان الجلد والتطفر. أما نتائج ارتفاع درجة حرارة الأرض (ظاهرة الاحترار العالمى) فهى خطيرة على كل المستويات. فارتفاع مستوى سطح البحر مجرد مثال واحد لما يمكن أن يحدث. وقد واجه العالم ظاهرة استنزاف الأوزون بتحديد إنتاج واستهلاك كميات (CFCs) وتقليص المستخدم منها تدريجيًا، وبتصميم آلات أكثر كفاءة فى استخدام الوقود، وزيادة الاعتماد على مصادر جديدة للطاقة النظيفة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية والنووية).

**الإعصار الحلزوني (سيكلون) :**

منطقة منخفضة الضغط الجوى ومحاطة بمنظومة من الرياح التى تهب عكس اتجاه عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى وفى اتجاه عقارب الساعة فى نصف الكرة الجنوبى. أما المناطق مرتفعة الضغط الجوى فتسمى الإعصار الحلزونى المضاد (أنتيسيكلون)، وتهب الرياح منها فى اتجاه عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى وعكس عقارب الساعة فى نصف الكرة الجنوبى. وعادة ما يطلق على الإعصار الحلزونى اسم

«المنخفضات» وعلى الإعصار الحلزونى المضاد «المرتفعات». ويطلق الاسم «سيكلون» عمومًا على الأعاصير والاضطرابات فى الضغط الجوى وبالأخص الأعاصير المدارية من نوع «هوريكان» و «تايفون»، والتى تتمركز فى المناطق ذات الضغط شديد الانخفاض.

أما الأعاصير الحلزونية المضادة (أنتيسيكلون) فهى منظومة رياح تتمركز حول منطقة مرتفعة الضغط الجوى. ويتراوح قطر الإعصار المضاد بين بضع مئات وعدة آلاف من الكيلو مترات.

والهوريكان اسم يمنح للأعاصير التى تتكون فوق المياه المدارية أو تحت المدارية من المحيط الأطلنطى والبحر الكاريبى وخليج المكسيك و شمال المحيط الأطلنطى إلى الشرق من خط التأريخ الدولى (الخط الوهمى الذى يحدد انتقال تأريخ اليوم بالزيادة أو النقص). والأعاصير المماثلة التى تحدث فوق شمال الأطلنطى إلى الغرب من خط التأريخ الدولى تسمى تايفون. أما الأعاصير التى تحدث فى المناطق الأخرى فيطلق عليها اسم «أعاصير حلزونية مدارية»، وهو الاسم العام الذى يطلق عليها

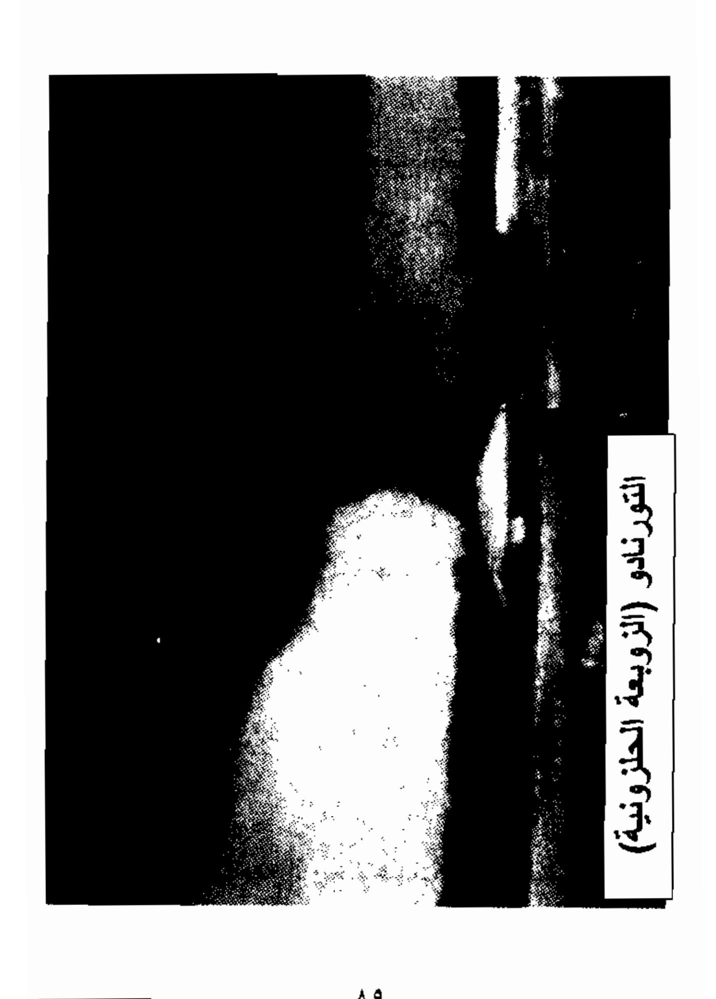
جميعًا بما فى ذلك الهوريكان والتايفون. وتتسبب هذه الأعاصير فى إحداث خراب ودمار كبير فى الممتلكات وفقد للأرواح بسبب الفيضانات والرياح والموجات العظيمة التى تتحطم على الشواطئ.

وتتكون الأعاصير الحلزونية المدارية وتنمو فوق مياه المحيط الدافئة مستفيدة من طاقتها الحرارية (الحرارة الكامنة)، أى من الطاقة التى تتحرر عندما يتكثف الهواء الرطب متحولاً إلى سحاب ثم أمطار. وبارتفاع الهواء الدافئ إلى أعلى تندفع كميات من الهواء إلى المنطقة التى ارتفع منها على شكل رياح. ويتسبب دوران الأرض فى تقوس مسار الرياح فوق المحيط (ظاهرة كوريوليس) مما يمنح الأعاصير مظهرها الحلزونى.

ولا تتكون الأعاصير الحلزونية المدارية أو تكتسب قوتها وتنمو إلا فوق مياه المحيط التى تزيد درجة حرارتها عن 27 °C ، وتتسبب هذه الدرجة فى تبخر كميات كبيرة من المياه فتجعل الهواء محملاً بالرطوبة . وتعتبر المياه الدافئة شرطًا أساسيًا لحدوث فصل الأعاصير الحلزونية المدارية، والتى عادة ما تحدث خلال

صيف وخريف كل نصف كرة. ولأن المياه تسخن وتبرد ببطء فإن المحيطات لا تسخن بالشكل الكافى لحدوث الأعاصير خلال الربيع. ولذلك يقع موسم هذه الأعاصير فى الفترة من 1 يونيو إلى 30 نوفمبر ولم يحدث خارج هذا الموسم إلا 25 إعصاراً في الفترة من سنة 1887 وحتى سنة 2003، ولم يصبح إعصاراً حلزونيًا منها سوى تسعة (9) فقط استمر كل منها بضع ساعات.

وتضعف الهوريكان أو التايفون وتموت عندما تبتعد عن المياه الدافئة وتتحرك فوق اليابسة أو المياه الشمالية الباردة. وتبدأ الأعاصير الحلزونية المدارية عمومًا كمناطق متناثرة من الأمطار والعواصف الرعدية. وعندما تنتظم إحدى هذه المناطق وتدور فيها الرياح فى دائرة كاملة فإنها تسمى منخفض مدارى. وعندما تصل سرعة الرياح فى هذا المنخفض المدارى إلى 63 كم / ساعة أو أكثر تصبح إعصاراً مداريًا وتُمنح اسمًا. وعندما تصل سرعة الرياح إلى 119 كم / ساعة أو أكثر يصبح الإعصار هوريكان أو تايفون.



التورنادو (الزوبعة الحلزونية)

**الزوبعة الحلزونية (التورنادو) :**

عمود من الهواء يدور بعنف بادئًا من سحابة عاصفة رعدية إلى أسفل حتى سطح الأرض. ومن الممكن أن تعصف الزوبعة بالمنازل من أساسها وتدمر المساكن الحجرية وتقذف بالسيارات وأتوبيسات المدارس إلى أعلى فى الهواء، بل إنها أحيانًا تخلع عربات السكك الحديدية. وتتفاوت أخطار الزاويع من عشرات الأمتار إلى 2 كم ويصل متوسطها إلى 50 مترًا. وتدور الرياح فى معظم الزوابع عكس اتجاه عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى حول مركز منخفض الضغط إلى حد بعيد جدًا. أما فى نصف الكرة الجنوبى فتدور الرياح غالبًا فى اتجاه عقارب الساعة فى الزوابع. وتصل أقصى سرعة للرياح فى الزوبعة إلى ما بين 120 كم / ساعة و 500 كم / ساعة. أما سرعة حركة الزوبعة نفسها فتتراوح بين الثبات (صفر كم/ساعة)، 110 كم/ساعة.

ويمكن مشاهدة الزوبعة عندما يتكون قمع بخار الماء (سحابة على شكل قمع) تحت ضغط فى غاية الانخفاض، أو

عندما ترفع الزوبعة الغبار والقمامة والحطام إلى أعلى من الأرض. وقد تكون الزوبعة الطبيعية على شكل عمود رأسى أو عمود مائل، وقد تكون ضيقة أو متسعة. وقد تنقسم الزوبعة الشديدة إلى عدة وحدات تمتص الأشياء على شكل دوامات تدور كل منها بجوار الزوبعة الأم. وقد يكون قطر وحدة الامتصاص بضعة أمتار، وبالتالى قد تتسبب الزوبعة فى دمار منزل بينما يظل المنزل المجاور سليمًا. وتنقسم الزوابع تبعًا لمقياس ڤوچينا الذى اقترحه تيودور ڤوچينا عالم الأرصاد الأمريكى بجامعة شيكاغو سنة 1971، إلى عدة درجات حسب حجم ونوع الدمار الذى تسببه، ويسمى مقياس F .

| المستوى | سرعة الرياح كم/ساعة | الدمار الذى تسببه |
|---|---|---|
| F0 عاصفة هوجاء | 116-64 | دمار طفيف، لبعض المداخن وكسر فروع الشجر، وتدمير أعمدة الإشارات واقتلاع الأشجار سطحية الجذور. |
| F1 تورنادو متوسط | 181-117 | دمار متوسط، وانتزاع الأسقف والبيوت المتحركة. |
| F2 تورنادو مؤثر | 253-182 | دمار مؤثر، انتزاع الأسقف من أطرها، ورفع المنازل من النوع المتحرك وقذف الأشياء الخفيفة. |
| F3 تورنادو حاد | 332-254 | دمار شامل قوي، انتزاع الأسقف والحوائط والقطارات ومعظم الأشجار ورفع السيارات فى الهواء. |
| F4 تورنادو مدمر | 419-333 | تدمير شامل قوي، تدمير المنازل القوية، وتنتزع المنشآت والأشجار القوية. |
| F5 تورنادو مهول | 512-420 | دمار غير معقول، وانتزاع البيوت من أساساتها القوية وتحمل لمسافات بعيدة. |

ولا يجرى تطبيق مقياس F إلا فى الأماكن الحضرية التى عمرها الإنسان.

وتقع 75 ٪ من الزوابع فى المستويين F0 ، F1 ، أما معظم

المتبقى فيقع فى F2 ، F3 ، ولا يقع فى F4، F5 إلا 1 ٪ فقط. وعادة لا يصل إلى المستوى F5 إلا زوبعة واحدة أو اثنتين على الأكثر كل عام.

**النينو :**

ظاهرة تحدث فى المحيط وفى الغلاف الجوى فوق المحيط الباسفيك. وهى ظروف دافئة فوق المحيط، غير عادية تظهر على طول الساحل الغربى للإكوادور والبيرو مسببة اضطرابات مناخية مختلفة الشدة. واسم «النينو» يعنى بالأسبانية «الطفل» فى إشارة رمزية لحدوث بداية الظاهرة مع أعياد الميلاد المسيحية. وهى تحدث مرة كل ثلاث إلى سبع سنوات وتؤثر فى مناخ كوكب الأرض على مدى سنة أو أكثر.

**الضباب :**

سحابة من بخار الماء المتكثف على شكل قطيرات أو بلورات من الجليد معلقة فى الغلاف الجوى فوق سطح الأرض مباشرة. وفى المدن المكتظة والمناطق الصناعية يتحد الضباب مع الدخان

ليكون المزيج الذى يطلق عليه الضبخان. ويتكون الضباب بأربع طرق مختلفة : يحدث النوع الأول عند مرور تيار من الهواء الأفقى الدافئ المحمل بالرطوبة فوق بقعة باردة من سطح الأرض أو المحيط. ويحدث هذا النوع من الضباب شتاء. أما النوع الثانى والذى يسمى «ضباب فقد الحرارة بالإشعاع» فيحدث فوق الأرض فقط نتيجة التبريد السريع للأرض ليلاً فتصبح أبرد من البحر. ولا يحدث هذا النوع الثانى بكثافة ويختفى مع ظهور الشمس. والنوع الثالث هو الصاعد فى الجبل، ويحدث عندما يبرد الهواء بارتفاعه وتمدده كما لو كانت الريح تصعد جبلاً. ويسمى النوع الرابع ضباب الترسيب ويتكون أثناء العواصف الثلجية أو العواصف المطيرة، وهو يحدث أثناء عبور جبهة دافئة وأخرى باردة وعندما تكون درجة حرارة الهواء الملاصق لسطح الأرض مختلفة عن درجة حرارة الهواء الأعلى.

**الضبخان :**

هو خليط من الضباب المكون من قطرات الماء أو بلورات

الجليد ودقائق الدخان. ويتكون الضبخان عندما تكون الرطوبة مرتفعة والهواء هادئ لدرجة أن الدخان والأبخرة تتراكم بالقرب من مصادرها. تنخفض الرؤية فى الضبخان وتثار العيون والجهاز التنفسى فى الإنسان. ويزداد فى المناطق الحضرية كثيفة السكان معدل الوفاة بشكل كبير فى وجود الضبخان لفترات طويلة. والسحابة السوداء التى تتكون فوق القاهرة الكبرى مثال صارخ على ذلك، حيث تتولد منطقة فوقية (سقف) ساحبة للضبخان. ويحدث الضبخان بشكل واضح فى المدن الساحلية أو القريبة من الساحل وعلى الأخص فى لوس أنجلوس وطوكيو، ولذا يطلق على الضبخان أحياناً «ضباب لوس أنجلوس».

ويتطلب التحكم فى الضبخان ومنعه التحكم فى الدخان المتصاعد من الأفران وتقليص الأبخرة الصادرة من ورش المعادن والصناعات الأخرى، وكذلك التحكم فى عادم السيارات. وتعتبر آلات الاحتراق الداخلى من أهم أسباب ظاهرة الضبخان فى الدول الصناعية، فهى تضيف للغلاف الجوى هيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين وملوثات أخرى كثيرة، وهى تتضمن

كميات متفاوتة من الأوزون وثانى أكسيد الكبريت وسيانيد الهيدروجين والهيدروكربونات ومشتقاتها التى تكونت بالأكسدة الجزئية. ويتأكسد ثانى أكسيد الكبريت فى الغلاف الجوى بواسطة الأكسجين ليعطى ثالث أكسيد الكبريت الذى يعطى بدوره حمض الكبريتيك فى وجود الرطوبة.

ويتكون الضبخان الفوتوكيميائى، الذى يثير الأغشية الحساسة عند الإنسان ويدمر النباتات عندما تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربونات المنشطة بالأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة المرئية.

### الظواهر الضوئية في الغلاف الجوي :

تتضمن الظواهر الضوئية فى الغلاف الجوى عدة أشكال منها السراب وقوس قزح والشفق القطبى.

والسراب صورة حقيقية لشىء ما تبدو وكأنها قد أصبحت خيالية أو أزيحت عن موقعها الحقيقى، والصورة الخيالية حالة نفسية تحدث للأشخاص الذين يعانون من ظروف خاصة مثل

العطش الشديد فى الصحراء أو الاضطرابات الذهنية أو الجسمية. أما الظاهرة التى تجعل الأشياء تبدو فى غير مواقعها الحقيقية فتحدث عادة فى الصحراء أو فى البحار نتيجة ظروف خاصة فى الغلاف الجوى، فعندما تشع الحرارة من سطح الأرض الساخن، كما فى الصحراء، فإنها تحدث ترتيبًا معكوسًا للكثافات بحيث تصبح الكتلة الهوائية الأسخن والأخف ملاصقة لسطح الأرض وفوقها مباشرة الكتلة الهوائية الأبرد والأثقل. وعلى السطح الفاصل بينهما تنكسر وتنعكس أشعة الضوء كما لو كان سطحًا مائيًا فتظهر صور الأشياء معكوسة تحتها كما فى صورة المرآة. وتبدو هذه الظاهرة واضحة على الطرق الأسفلتية فى وقت الظهيرة وكأن الطريق به ماء يعكس صور الأشياء.

أما فى حالة سراب البحر فإن الهواء الأبرد والأكثف يكون ملاصقًا لسطح المياه الباردة بينما يطفو من فوقه الهواء الأدفأ والأخف نسبيًا. وعلى السطح الفاصل بينهما تنعكس الصور فتبدو الأشياء (السفن بصواريها) مشوهة وممطوطة ومعكوسة وكأنها معلقة فى الهواء.

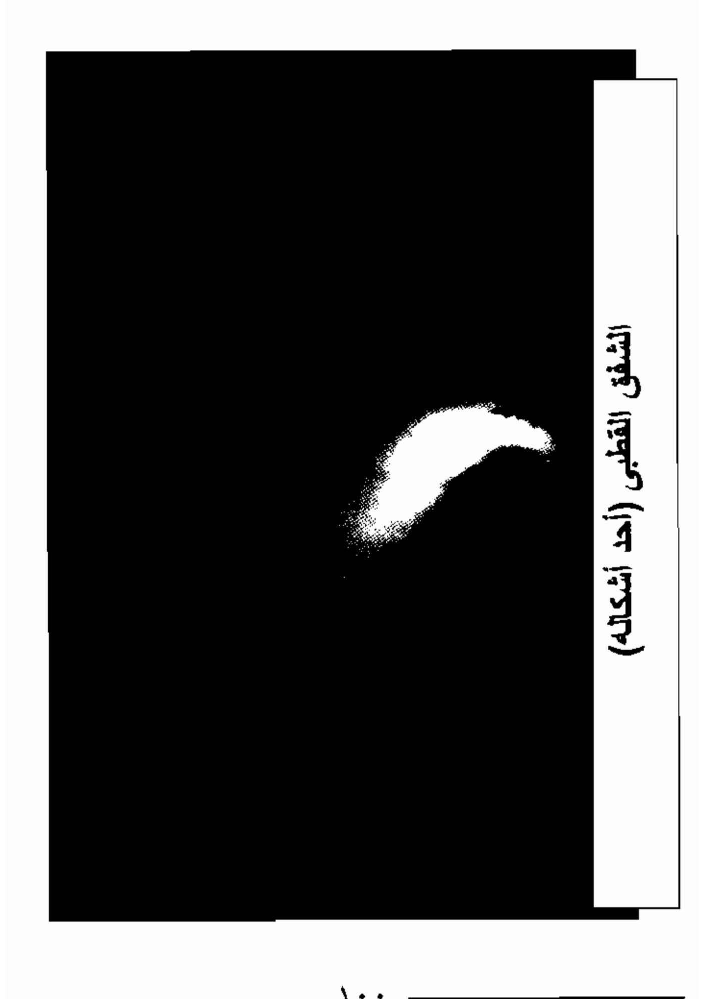
أما السراب المزدوج فينتج عنه صور مضخمة للأشياء العادية، وهو يحدث عادة فى ميسينا بإيطاليا وكذلك فوق منطقة البحيرات العظمى فى الولايات المتحدة. ويطلق على سراب الصحراء «السراب التحتى» بينما يسمى سراب البحر «السراب الفوقى».

وقوس قزح عبارة عن قوس من الضوء يبين ألوان الطيف حسب ترتيبها. ويتسبب فى حدوث هذه الظاهرة سقوط قطرات من الماء خلال الهواء. ويمكن مشاهدة قوس قزح فى السماء إذا نظرت عكس اتجاه الشمس قريباً من الرذاذ المتساقط، وكذلك إذا كنت تنظر خلال رذاذ متساقط من أى مصدر آخر غير المطر مثل رشاش المياه أثناء رى الحدائق أو مساقط المياه والشلالات العملاقة. وتترتب الألوان فى قوس قزح الأزهى (وهو الوحيد الذى تسهل رؤيته) بحيث يكون الأحمر إلى الخارج. ويوجد قوس آخر فوق هذا القوس لا يكاد يرى لخفوته، وهو القوس الثانوى الذى تترتب فيه الألوان عكس القوس الأساسى الأزهى لأنها نتيجة الانعكاس المزدوج داخل القطرات.

وعند سقوط أشعة الشمس على قطرات المطر فإنها تعانى انكساراً أو انحناءً وانعكاسًا بالشكل الذى يجعل الضوء يتحلل إلى طيف من الألوان. ويمكن رؤية هذا الطيف من الألوان إذا كانت الزاوية بين الشمس (مصدر الضوء) ونقطة المطر وعين المشاهد 40-42° درجة.

وعندما تكون الشمس منخفضة فى السماء فإن قوس قزح يبدو مرتفعًا نسبيًا، وكلما ارتفعت الشمس يبدو قوس قزح منخفضًا ومحافظًا على الزاوية 40-42°. وعندما تزيد الزاوية التى تصنعها الشمس مع الأفق عن 42° لا يمكن مشاهدة قوس قزح لأن الزاوية المطلوبة تقع فى مكان ما فوق رأس المشاهد.

أما الشفق القطبى فهو ظاهرة جوية ضوئية تحدث غالبًا فوق خط عرض 60° شمالاً أو جنوباً، ونادراً ما تحدث فى أماكن أخرى. ويطلق على ظاهرة الشفق اسم يدل على موقعها، فالشفق الشمالى يحدث شمال خط عرض 60° فى نصف الكرة الشمالى، أما الجنوبى فيحدث جنوب خط عرض 60° فى نصف الكرة الجنوبى، ويسمى الاثنان بالشفق القطبى.



الشفق القطبى (أحد أشكاله)

ويتكون الشفق من حزم وأشرطة وأعمدة من الضوء تتحرك وتتراقص بسرعة. ويصاحب الشفق النشط اضطرابات فى المغناطيسية الأرضية وتداخلات فى الراديو والاتصالات التليفونية والبرقية. وتتطابق فترات النشاط الأقصى والأدنى مع عكس نشاط البقع الشمسية، والتى تستغرق دورتها 11 عامًا. فيكون نشاط الشفق القطبى أقل ما يمكن عندما تكون الشمس فى غاية النشاط. أما الشفق الذى قد يحدث بعيداً عن الأقطاب، فإنه يتم أثناء النشاط المرتفع للشمس.

وقد بينت الدراسات التى جرت سنتى 1957 ، 1958 (السنة الچيوفيزيائية الدولية) أن توهج الشفق يحدث عندما تحمل الرياح الشمسية فيضًا من الجسيمات الذرية عالية الطاقة صادرة عن البقع الشمسية. تخترق الإلكترونات والبروتونات الغلاف المغناطيسى للأرض وتدخل إلى حزام «ڤان آلين» الإشعاعى السفلى فترفع من كثافة الشحنة فيه. تتعادل شحنات الإلكترونات والبروتونات الزائدة فى الغلاف الجوى فوق منطقة تتمركز على القطبين المغناطيسيين الشمالى والجنوبى وتمتد إلى مسافة 20°

تقريبًا حولهما. تتصادم هذه الجسيمات مع جزيئات الغازات فى الغلاف الجوى فتثيرها وتجعلها تشع إشعاعات كهرومغناطيسية فى المجال المرئى للطيف.

وعادة ما تكون ظاهرة الشفق أقل شدة عندما تكون الشمس أكثر نشاطًا. فعندما تكون دورة البقع الشمسية فى أوجها تشع الشمس المزيد من الأشعة فوق البنفسجية أكثر من عادتها. وتقوم هذه الأشعة بالتداخل مع الغلاف المغناطيسى للأرض فتجعله يتعامل بشكل أفضل مع فيض الجسيمات الصادرة عن البقع الشمسية. وبذلك لا يزدحم الحزام الإشعاعى فوق عادته بالجسيمات وتنخفض شدة الشفق القطبى. غير أن أكبر وأكثر ألعاب الشفق تحدث أثناء أو بعد قمة نشاط البقع الشمسية فى المواقع البعيدة عن الأقطاب.

وتتخذ أشكال الشفق صورًا لا نهائية غير متكررة مثل قوس الشفق وهو قوس مضاء يمتد عبر خط الزوال المغناطيسى وحزمة الشفق وهى أعرض وأقل انتظامًا من قوس الشفق، والفتائل

والتيارات العمودية على قوس أو حزمة الشفق، والهالة وهى دائرة مضيئة قرب السمت (ذروة السماء)، وسحب الشفق التى ليس لها شكل محدد، وقد تحدث فى أى موقع فى السماء، ووهج الشفق وهو استضاءة عالية فى السماء تمتد منها خيوط نحو السمت، والستائر والمراوح وألسنة اللهب، وكلها متغيرة ومتجددة الأشكال. ومن الجدير بالذكر أنه قد تم رصد حدوث ظاهرة الشفق القطبى فى الغلاف الجوى لكوكب المشترى.

**الأحزمة الإشعاعية :**

مناطق حول الأرض وبعض الكواكب مثل المشترى وزحل تحتوى على بروتونات عالية الطاقة وإلكترونات. وقد اكتشفت هذه الأحزمة فى 31 يناير سنة 1958 بواسطة فريق بقيادة جيمس ڤان آلين من جامعة آيوا عندما سجل عداد جايجر الموجود على القمر الصناعى الأمريكى الأول «إكسبلورر» وجود هذه الأحزمة.

وتتركز البروتونات والإلكترونات المكونة لأحزمة ڤان آلين الإشعاعية حول خط الاستواء المغناطيسى للأرض. وتمتد هذه

المنطقة بضع مئات من الكيلو مترات فوق الأرض وحتى 48 ألف إلى 64 ألف كيلو متر. وتقوم الرياح الشمسية بإمداد الأحزمة الإشعاعية بالبروتونات والإلكترونات. تدخل هذه الجسيمات فى مسارات حلزونية حول خطوط المجال المغناطيسى للأرض. ونظراً لزيادة شدة المجال المغناطيسى بالقرب من القطبين (خطوط القوى المغناطيسية أكثف) فإن الجسيمات تنعكس جيئة وذهاباً بين القطبين الشمالى والجنوبى فى مسارات حلزونية. وتتواجد معظم البروتونات عالية الطاقة (أعلى من 10 Mev ميجا إلكترون فولت) فى حزام داخلى على ارتفاع 3200 كم. أما الإلكترونات فتتركز فى الحزام الخارجى الذى يمتد مسافات كبيرة فى الفضاء تزيد على عدة أضعاف قطر الأرض.

وتتسبب أحزمة ڤان آلين الإشعاعية فى أضرار كثيرة. فالدوائر الإلكترونية والخلايا الشمسية فى سفن الفضاء تعانى من انهيار وتدمير أثناء تعرضها فترات طويلة للبروتونات عالية الطاقة (السريعة)، والتى تخترق الفلزات لمسافة عدة مليمترات. وتؤثر

الأحزمة الإشعاعية فى الكائنات الحية مثل تأثير الإشعاعات الضارة. ويتم تصميم وتنفيذ الرحلات الفضائية بحيث يصل تعرض رواد الفضاء لهذه الإشعاعات إلى أقل درجة ممكنة، وعلى وجه الخصوص أثناء عبور أحزمة الإشعاع.

رقم الإيداع ٢٠٠٧/٢٦٩٦٢